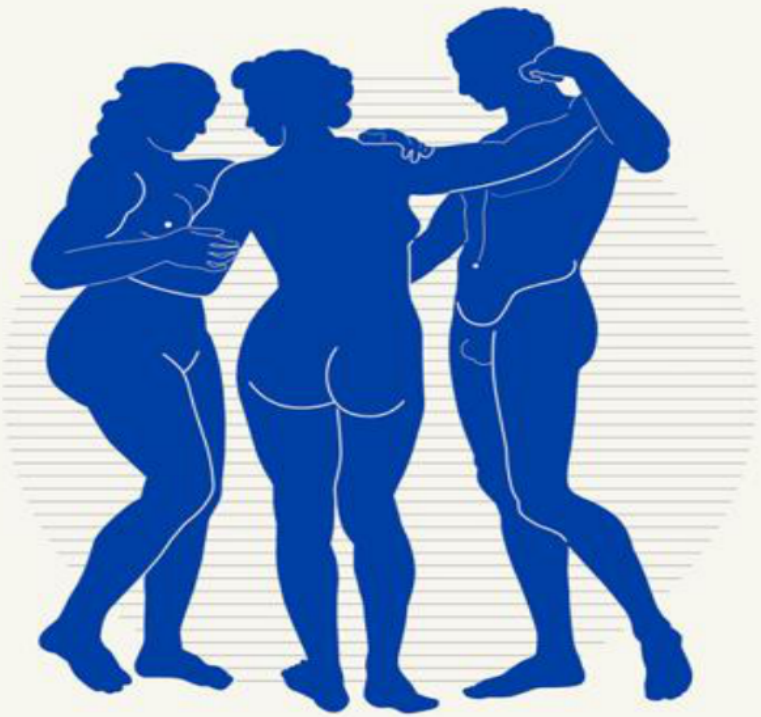
JUAN LUIS ARSUAGA

# NUESTRO CUERPO



*Siete millones de años de evolución*

DESTINO

# Índice


Portada
Sinopsis
Portadilla
Cita
PRÓLOGO: LA BRECHA
APROBADO GENERAL
PASEO POR EL MUSEO DEL PRADO
Primera parte. De cintura para abajo
- EL PIE
- LA CUESTIÓN ES DAR ZANCADAS
- DESCARTES/DECKARD
- LA PIERNA
- EL MUSLO
- LAS PROPORCIONES CORPORALES
- APOLO Y DIONISO
- LA PELVIS Y LAS NALGAS
- ANDAR Y CORRER
- ¿POR QUÉ CUESTA TANTO DAR A LUZ?

Segunda parte. De cintura para arriba
- LA TRIPA Y LA COMIDA
- NUESTRA MUY QUERIDA TEORÍA
- EL TÓRAX
- LA TORSIÓN DEL TORSO
- LA COLUMNA VERTEBRAL Y SUS MÚSCULOS
- NUCA Y ESPALDA
- LOS HOMBROS
- EL CODO
- GOLPEAR A DISTANCIA
- PARA QUÉ SIRVE UNA MANO
- NUESTRA PRIMERA HERRAMIENTA

Tercera parte. Del cuello para arriba

EL CUELLO
LA EXPRESIÓN DE LAS EMOCIONES
A COMER
LA CAJA DEL CEREBRO
EPÍLOGO
APÉNDICES ANATÓMICOS
Notas
Créditos

Visita Planetadelibros.com y descubre una
nueva forma de disfrutar de la lectura

**¡Regístrate y accede a contenidos exclusivos!**

Primeros capítulos
Fragmentos de próximas publicaciones
Clubs de lectura con los autores
Concursos, sorteos y promociones
Participa en presentaciones de libros

PlanetadeLibros

Comparte tu opinión en la ficha del libro
y en nuestras redes sociales:

# Sinopsis

En el Museo del Prado, un científico recorre el cuerpo del *Diadúmeno* de Policleto. En su anatomía puede leer una historia evolutiva de siete millones de años. En la sala contigua hay una escultura algo más tardía que muestra el cuerpo desnudo de la *Venus del Delfín*, el canon helenístico de la belleza femenina. El científico aprecia las diferencias entre ambos y se pregunta por su significado.

A partir de la observación del cuerpo humano a través del arte y de su conocimiento como paleontólogo, Juan Luis Arsuaga nos invita a descubrir de forma sencilla y amena las maravillas que componen el cuerpo humano y cómo y por qué han evolucionado a lo largo de los siglos. Con su mirada lúcida, divertida e ingeniosa viajaremos al pasado para acercarnos a ese gran desconocido, nuestro cuerpo. Porque todas y cada una de las partes del cuerpo humano son un prodigio de la evolución.

# Nuestro cuerpo

## Siete millones de años de evolución

Juan Luis Arsuaga

Ilustraciones de Susana Cid

Ediciones Destino

La gente dice: «yo y mi cuerpo». Una de las cosas que nos separa de los animales es esa distancia diminuta, momentánea, entre nosotros y nuestro cuerpo. El cuerpo es la forma con la que debemos relacionarnos y el recipiente que nos trasporta a través de la vida. El cuerpo es la casa del yo, la morada del alma. Pero el cuerpo también puede ser nuestra prisión y nuestra carga. Yo y mi cuerpo. Entre los dos hay una brecha llena de enigmas y secretos, oscuridad y promesas. De esa brecha, incisión o herida brotan canciones e historias, religiones, sueños y descubrimientos.

ANNA—KARIN PALM, escritora y periodista sueca,
en la exposición «Ser un ángel. Francesca Woodman»

# PRÓLOGO: LA BRECHA

La palabra griega «cosmos» significa ‘orden’, y es que para los precientíficos de los tiempos clásicos el universo era un todo ordenado regido por leyes o «nomos». El comportamiento del universo es, por lo tanto, predecible, como sucede con los eclipses, que se pueden vaticinar con años de anticipación. La misión del científico no es otra que la de descubrir las leyes del universo. Buscarle un sentido al mundo no es cosa nuestra.

En la revolución científica del siglo XVII, cuando nació el método que utilizamos desde entonces todos los que nos proponemos estudiar el mundo material y conocer sus leyes partiendo exclusivamente de lo que podemos observar y experimentar, la analogía del universo con una gigantesca máquina se convirtió en el modelo para entender la realidad. Y de todas las máquinas que había creado el ser humano, el reloj era considerado la más perfecta, por su enorme complejidad técnica y por la belleza funcional de sus mecanismos. Tic, tac. Todos esos volantes comunicándose por contacto el movimiento unos a otros.

Muchos científicos del Barroco, como se ha llamado a ese periodo de la historia de la ciencia recurriendo a un préstamo de la historia del arte, encontraban en la metáfora del reloj y del universo-máquina una prueba de la existencia de un ingeniero universal y sobrenatural, que además de crearlo daba cuerda al reloj cósmico para mantenerlo en perpetuo funcionamiento, sin que nunca se parara. Un relojero ingenioso y aplicado.

Los físicos como Galileo o Newton, por supuesto, eran mecanicistas entusiastas, pero también se aplicó ese pensamiento a los seres vivos, que serían así máquinas que se pueden entender desde los principios de la mecánica, es decir, tratándolos como si fueran autómatas, aunque Descartes les atribuía a los seres humanos una sustancia separada del cuerpo que les permitía pensar. Es a lo que llamamos el alma, o mente, que los animales no tendrían.

Eran tiempos en los que a los científicos se los llamaba filósofos

naturales en Inglaterra, porque la palabra «ciencia» no tenía el mismo significado que adquiriría en el siglo XIX en este país. «Ciencia» significaba simplemente 'saber', porque se habían echado los cimientos del método científico pero aún no se había comprendido del todo que el saber científico es un tipo especial de conocimiento, el único del que realmente podemos fiarnos. Pero no debemos confiar en la ciencia porque conduzca a un saber definitivo, sino, muy por el contrario, porque es un saber que está en permanente renovación y perfeccionamiento. Cada generación de científicos sabe más que la anterior y la próxima nos superará sin la menor duda a nosotros. A diferencia de Inglaterra, en Francia el término «ciencia» se introdujo mucho antes, porque la Academia de Ciencias se fundó en 1666, durante el reinado de Luis XIV, el Rey Sol.

La metáfora del reloj como ejemplo de máquina perfecta que no puede haberse construido sola, por simple casualidad, fue utilizada más tarde en biología por la llamada teología natural para probar la existencia de Dios. El reto al que habría de enfrentarse Darwin en el siglo XIX era el de demostrar que las extraordinarias máquinas biológicas que llamamos seres *vivos* (para diferenciarlos de los minerales) son el producto de procesos naturales que no tienen propósito. Dicho con otras palabras, las fuerzas que producen la evolución no buscan, pero encuentran. Y hacen maravillosos hallazgos, como lo son, cada una a su manera, todas las especies.

En este libro recorreremos los principales rasgos del humano-máquina, utilizando los principios de la mecánica como hacían los filósofos naturales, pero iremos mucho más allá, porque lo que vemos en el cuerpo no son solo músculos, sino también formas. La máquina humana tiene diseño de ingeniería, pero también tiene el otro tipo de diseño (tal como se utiliza la palabra hoy en día), es decir, el estético, porque muchas de las características visibles del cuerpo humano no tienen nada que ver con el llamado (utilizando por cierto una expresión muy mecanicista) aparato locomotor. Y es que, a diferencia de las verdaderas máquinas, los seres vivos se reproducen.

Pero dado que el cuerpo humano se ha construido en el curso de la historia de la especie sin que hubiera un plano, un boceto, o una maqueta, sin ni siquiera un propósito, nuestro recorrido por el cuerpo humano tendrá que ser necesariamente evolutivo y también comparado: preguntándonos cómo eran nuestros antepasados y en qué

nos diferenciamos de los demás animales. Es decir, una paleontología y una historia natural.

Si ya nos maravilla la anatomía animal y humana, estática o en acción, todavía es más impresionante si averiguamos cómo ha evolucionado y de qué modo se ha diferenciado del resto de las criaturas, empezando por nuestros parientes más cercanos: los grandes simios.

A la hora de decidir la anatomía que iba a tener este libro, su cuerpo, dudaba entre dar mucha o poca información. Como siempre sucede con la literatura científica, hay lectores que quieren conocer todos los detalles y otros que prefieren quedarse con las ideas generales. Es difícil complacer a todo el mundo, por lo que he optado por ofrecer información anatómica ampliada en los apéndices que se encuentran al final del libro. No los lea de entrada si no quiere, o déjelos para otra ocasión, o mejor aún, para una segunda vuelta. O para cuando tenga una lesión, un problema en alguna parte de su cuerpo, esa máquina que, en expresión afortunada de Manuel Mujica Lainez, está hecha de «relojerías sutiles», que a veces por accidente y otras por el paso del tiempo necesitan un arreglo.

En el texto del libro hay numeritos (superíndices) que remiten a notas que están al final del libro, pero no son notas aclaratorias. He hecho caso en esto a mi amigo Juan José Millás, que odia las notas de los textos científicos y ensayos en general. Según Millás, si lo que dice una nota es importante, ponlo en el texto, y si no es importante prescinde de la nota. Esta ha sido la decisión más dolorosa que he tomado en la revisión del libro, porque lo decidí casi al final, después de haber escrito numerosísimas notas aclaratorias que me parecían imprescindibles para matizar el texto aquí y allá. ¡Ah, los matices! Pero creo que el lector no especializado ha salido ganando.

Así que ahora los numeritos de mi texto se refieren solo a publicaciones científicas y van solo dirigidos a quienes se dedican a la evolución humana profesionalmente. Es decir, a una ínfima minoría. Por lo tanto, si ese no es su caso no tenga ningún reparo en ignorar completamente los numeritos. Un problema menos.

Con los años se va aprendiendo una *anatomía del dolor*, porque cada vez nos duelen más partes del cuerpo. Y eso hace que los mayores conozcan mejor su cuerpo que los jóvenes, que solo conocen la *anatomía del placer*. El cuerpo joven es un *cuerpo glorioso*, el cuerpo

viejo es un *cuerpo doliente*. Descubrimos que tenemos dientes cuando pedimos cita para el dentista, que tenemos ojos cuando vamos al oculista, que tenemos huesos cuando acudimos al traumatólogo y que nos movemos gracias a los músculos cuando nos tumbamos en la camilla del fisioterapeuta.

Me asombro así de la cantidad de anatomía ósea y muscular que sabe cualquier persona gracias al dolor, aunque no sepa que la sabe. Y no digamos los asiduos de los gimnasios. A esos no hace falta explicarles dónde están los músculos porque cada día que hacen ejercicio ponen a punto y mejoran el aparato locomotor y lo hacen sabiendo lo que hacen.

Pero lo mismo se puede decir de los que ven los partidos de fútbol cómodamente sentados en el sillón de casa. Esos también aprenden mucho escuchando al locutor o leyendo la prensa deportiva. Por ejemplo, leo en un famoso periódico de deportes que tal futbolista se ha lesionado en el psoas derecho. Previamente había sufrido un desgarro en el recto anterior izquierdo, se recuerda en el artículo. Esta es una de las partes que forman el cuádriceps femoral, aclara la información. ¿Tienen algo que ver las dos lesiones?, se pregunta un experto (médico deportivo) que escribe en el periódico en cuestión. Y otro día, en el mismo periódico deportivo un famoso tenista anuncia pesaroso que se retira de un campeonato porque ha sufrido una lesión en el semimembranoso, sin más aclaraciones. Se supone que el lector ya sabe dónde está el músculo.

Noticias con este nivel de detalle anatómico, o incluso con un nivel superior, se pueden leer y oír todos los días en los medios de comunicación. Los tecnicismos de la anatomía humana, en efecto, están cada vez más presentes en nuestras conversaciones.

Pero, en cualquier caso, los nombres son la clave del conocimiento, porque lo que no se sabe nombrar directamente no existe para nuestro cerebro, que es donde existen las cosas. Leo en el libro *Viajes con Heródoto* de Ryszard Kapuściński este acertado comentario: «Más aún: descubrí una relación entre tener nombre y existir, pues cada vez que volvía al hotel me daba cuenta de que en la ciudad había visto tan solo aquello que sabía nombrar, por ejemplo recordaba una acacia pero no el árbol que crecía junto a ella, porque desconocía su nombre. En una palabra, comprendí que cuanto más vocabulario atesorase, más pronto —y más rico en su inabarcable

diversidad— se abriría ante mí el mundo».

Este no es un libro gráfico, pero sí un libro bellamente ilustrado por Susana Cid. No son imágenes descriptivas hasta el más mínimo detalle de la anatomía, sino conceptuales, para entender más que para ver, porque lo que me he propuesto escribir no es un tratado sistemático, exhaustivo y lleno de láminas del cuerpo humano para uso y consulta de médicos, fisioterapeutas, artistas plásticos o deportistas, sino literatura científica. Es un libro, no un atlas.

No pretendo decir que mis palabras sean mejores que las láminas anatómicas, o que se puede prescindir de estas por completo, pero pensé que en estos tiempos en los que todos navegamos tanto por internet no hace falta más que escribir en el ordenador «oblicuo externo» para que la pantalla se llene de imágenes de este músculo en todas las posiciones e incluso en movimiento en 3D. O teclear «trocánter mayor» y ver aparecer en colores y rodeado de indicaciones esta parte del fémur.

Además, siguiendo por la senda de la modernidad hemos incluido códigos QR al final de los capítulos para que el lector vaya directamente al sitio de internet donde verá las imágenes a las que hace referencia el texto. El libro de papel y el teléfono móvil no necesariamente tienen que competir, también pueden cooperar. Muchas de las imágenes a las que llevan los QR son científicas, pero otras se refieren a obras de arte, especialmente esculturas clásicas del museo del Prado.

Porque en el libro también se invita al lector a visitar el museo del Prado, o cualquier otro museo de bellas artes. Ahí encontrará mucha anatomía que estudiar y que disfrutar. Nadie ve igual una estatua clásica después de haber estudiado científicamente el cuerpo humano.

Y lo más importante de este prólogo viene ahora. Su propio cuerpo es un libro de anatomía y ese libro, sobre todo, es el que quiero que lea, con la vista y especialmente con el tacto. Ahí podrá usted reconocer el oblicuo externo, el trocánter mayor y cualquier otra estructura anatómica de las que aparecen en el texto, por muy raro que nos suene el nombre. Porque todas las referencias óseas que aparecen en el libro son accesibles a la palpación. Y es que el esqueleto *se transparenta* a través de la piel; no para los ojos, sino para las manos.

Por eso, la enseñanza de la anatomía que propongo empieza con los huesos, cuyas partes más importantes sobresalen lo suficiente como para que las toquemos. Conviene por lo tanto ejercitarse primero con los puntos clave del esqueleto, haciendo la piel y la carne transparente. En mis cursos este ejercicio no dura más de dos horas, y como lo hacemos en grupo resulta tan divertido como instructivo. Hay que quitarle a esta experiencia toda la solemnidad que le damos al cuerpo humano, que todavía ¡a estas alturas de la historia! nos produce un respeto religioso. No era así para los griegos y este es mi mensaje: volvamos a ser griegos. En esta clase práctica de anatomía de superficie que doy se puede hablar y reír. ¿No es maravilloso que podamos identificar los huesos y sus estructuras esenciales en apenas dos horas, y jugando? Luego vienen los músculos subcutáneos, los que están debajo de la piel y sobresalen como bultos. Conocer los principales no nos lleva más de otras dos horas en una segunda sesión.

Y después de estas dos clases, que me gustaría darle en persona, sería el momento de empezar a leer el libro.

Todo el mundo tiene un cuerpo que lo lleva a uno y que lo trae. No está de más que lo conozcamos. Así podremos adentrarnos en esa «brecha llena de enigmas y secretos, oscuridad y promesas» que hay entre nosotros y nuestro cuerpo de la que habla Anna-Karin Palm en la cita con la que abro este libro.

*Diadúmeno*. Taller romano. Museo del Prado.

# APROBADO GENERAL

Usted sabe mucha más anatomía de la que se imagina. Seguro que sí. Por eso estoy convencido de que aprobaría un examen elemental de anatomía humana a poco que se lea este texto y, si acaso, se lo repase una vez.

Como vengo diciendo, en la concepción mecanicista del cuerpo humano, la que corresponde a la revolución científica del Barroco, el movimiento se explica por medio de palancas, que son los huesos porque una palanca no es otra cosa que una barra rígida; de poleas, que son las articulaciones, y de cuerdas, que son los músculos. Todavía hoy nos referimos al conjunto de músculos y huesos que mueven las diferentes partes del cuerpo como si fuera un autómata con el nombre de «aparato locomotor». En inglés se conoce como «sistema locomotor» y tampoco es un mal término para referirse al conjunto de huesos, cartílagos, músculos, tendones y ligamentos, que actúan como un sistema muy complejo que permite todos los movimientos del cuerpo humano.

La mayor parte de los huesos del esqueleto humano le suenan, no me cabe duda, al lector, y de esa base partiremos para introducir algunos elementos óseos menos conocidos, o las diferentes partes en las que se pueden dividir los huesos. O sea, que en este examen de anatomía humana básica podemos dar por casi aprobada sin estudiar la parte de los huesos, es decir, la osteología.

Yo les digo a mis alumnos que en mis exámenes se puede copiar sin necesidad de esconderse y que pueden llevarse un libro de anatomía con ellos al aula. Y les explico a continuación que pueden utilizar su propio cuerpo para contestar a las preguntas. Ese es el libro al que pueden recurrir si tienen alguna duda. ¿Dónde está el hueso llamado radio cuando nos miramos la palma de la mano?: en el lado del antebrazo que corresponde al dedo pulgar. ¿Dónde está el hueso llamado cúbito?: en el lado del antebrazo que corresponde al dedo meñique. ¿Y qué pasa si giramos la muñeca para que la palma se

oriente hacia abajo, en lugar de hacia arriba?: que el radio se cruza sobre el cúbito, pero sigue estando en el lado del dedo pulgar, y el cúbito en el del dedo meñique. Y veo a los alumnos en el examen mirando y tocándose el antebrazo, como espero que esté haciendo usted ahora.

¿Qué huesos forman los salientes de nuestros tobillos? No son huesos independientes, sino que se trata de protuberancias de los dos huesos de la pierna, que son la tibia y el peroné. En ciencia se llama maléolos a esos salientes, y hay un maléolo tibial, que es el interno, y un maléolo peroneo, que es el externo. «Maléolo» viene de una palabra latina que significa 'martillo' en diminutivo. Es decir, son dos martillitos. Ahora sabemos unos nombres técnicos, pero ya conocíamos los salientes de los tobillos antes, aunque solo sea por lo que duelen cuando nos damos golpes en ellos. ¿Los está palpando usted ahora?

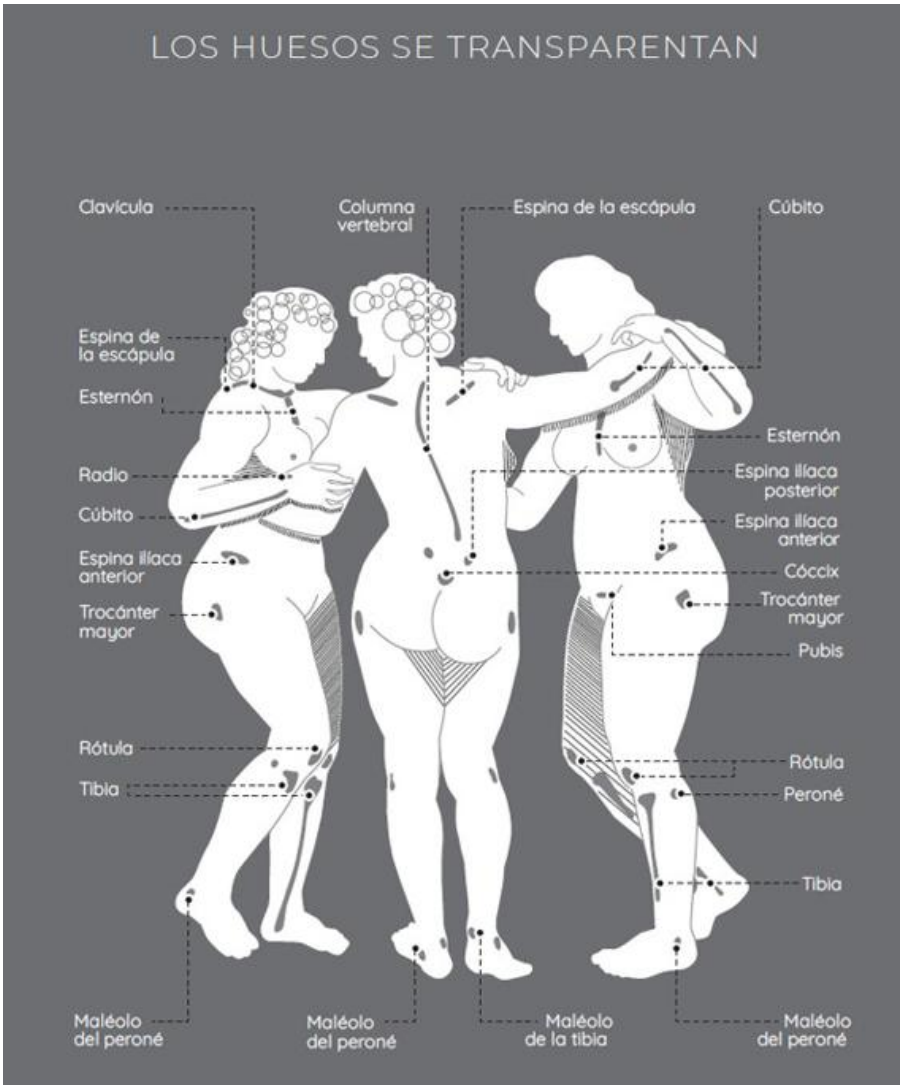
Una parte importante de nuestro esqueleto se *transparenta* al tacto, es decir, se puede palpar porque es subcutánea, está directamente debajo de la piel. Los puntos clave del esqueleto, nuestras referencias anatómicas en este libro, se muestran en dos bellos dibujos de Susana Cid. Uno se basa en una escultura clásica del dios griego Poseidón, de la que hablaremos pronto. El otro se inspira en el célebre cuadro de *Las tres Gracias* de Pedro Pablo Rubens. Ambos se pueden ver en el museo del Prado.

Si ha identificado ya todos los puntos clave del esqueleto queda superado el capítulo de osteología. Pero para entender el aparato locomotor nos tenemos que introducir en el estudio de los músculos, o miología. Los músculos suelen asustar más, pero me propongo demostrar en unas pocas líneas que el lector sabe de miología mucho más de lo que piensa. Excluyo de estas reflexiones a los deportistas, porque suelen tener un enorme conocimiento del cuerpo humano, que han adquirido por *afición*, es decir, porque les interesa.

A menudo echo de menos en las aulas universitarias esa *afición* que tienen los deportistas y tantas otras personas a la anatomía humana, aunque solo sea porque a partir de cierta edad el cuerpo empieza a doler por todas partes. Es la anatomía del dolor, que a todos nos llega. Entonces aprendemos de músculos y de huesos. Ya lo creo que aprendemos. Un buen día, por ejemplo, descubrimos que tenemos un músculo llamado **piramidal**, que queda a la altura del

bolsillo trasero del pantalón, y no porque nos duela el músculo, sino porque presiona el nervio ciático. Así es como aprendemos la anatomía del dolor.

He estado repasando diversas tablas anatómicas populares, que tienen muchas visitas en internet porque la gente las consulta, para hacer una lista de los músculos que es imprescindible conocer del cuerpo humano porque en realidad son ya de conocimiento general. No son tantos músculos ni tan difíciles, como verá enseguida. Todos ellos son importantes en la anatomía artística, porque en un desnudo bien pintado o bien esculpido tienen que poder identificarse los principales grupos musculares.




Pensará tal vez que hoy en día ya no se hace pintura realista, y que estamos en la época del arte conceptual, por lo que la anatomía sobra en las bellas artes. Pero el realismo nunca desaparece en el arte y ahora se ha refugiado en el cómic, los tebeos, que son una manifestación artística y literaria como otra cualquiera. No tiene más que mirar los cómics de superhéroes para darse cuenta de lo bien esculpidos que están esos cuerpos, de toda la anatomía humana que sabe el dibujante. Así que vamos con esos músculos.

En la pierna hay que destacar el músculo **gastrocnemio**, que forma los gemelos de la pantorrilla y no pueden pasar desapercibidos. Seguro que ya conocía al músculo por su nombre popular. El tendón

de ese músculo es también muy famoso, y se llama tendón de Aquiles. Si miramos la pierna por delante, en lugar de por detrás, lo que sobresale es la cresta anterior de la tibia, lo que todos conocemos como espinilla, que tanto duele cuando nos golpeamos en ella. La cresta tibial sobresale y se puede seguir en todo su recorrido porque es subcutánea. Pero al lado de la tibia, en la parte exterior (o lateral), se encuentra el músculo **tibial anterior**, que entra en el examen porque es importante para la locomoción bípeda y tiene además un nombre fácil de recordar. Más sencillo, imposible. Músculo tibial anterior: delante, y junto a la tibia (por su lado externo). Se ve en cuanto uno se fija.

Aprovecho para comentar un pequeño problema de nomenclatura que tenemos con la pierna. A veces se utiliza la palabra «pierna» para referirse a la totalidad de la extremidad inferior, y otras veces solo para el segmento inferior, es decir, el que está entre la rodilla y el pie, como he hecho yo en el párrafo anterior. Espero que el lector sepa reconocer por el contexto en qué caso nos encontramos cada vez que utilice el término. Lo mismo sucede, por cierto, cuando nos referimos al brazo, que puede ser toda la extremidad superior o exclusivamente el segmento que queda entre el hombro y el codo.

Si subimos ahora al muslo, tenemos tres grupos musculares. En la cara anterior del muslo se encuentra el **cuádriceps femoral**, que en realidad son cuatro músculos (como su nombre indica) que terminan en un tendón común que va a la rótula de la rodilla. La rótula a su vez se conecta con la tibia por medio del famoso ligamento rotuliano, también llamado tendón rotuliano.

La parte posterior del muslo corresponde a los tres músculos llamados en conjunto **isquiotibiales**; por detrás de la rodilla queda un hueco (la corva en español) limitado a cada lado por los tendones de estos músculos del grupo de los isquiotibiales.

En la zona interna del muslo, la de la ingle, los músculos que hay que aprenderse son los **aductores**.

Así pues, tres grupos de músculos, bien conocidos por los periodistas deportivos y los aficionados al fútbol, forman la carne del muslo, alrededor del fémur.

No hace falta ser un experto anatomista para reconocer el músculo **glúteo mayor**, ese inmenso músculo que forma las posaderas. Pero como veremos en su momento, a pesar del nombre no

nos posamos sobre las posaderas (es decir, sobre el glúteo mayor). Por mucho volumen que tengan y por blandas que nos parezcan no son nuestro cojín anatómico, nuestro asiento. ¿Para qué sirve entonces tanto volumen muscular? La cosa no está nada clara, y será objeto de discusión cuando llegue el momento.

Pasemos ahora al tronco. Todo el mundo conoce los músculos **pectorales mayores** y los músculos **rectos abdominales**, que lucen con orgullo quienes cultivan su cuerpo. Los rectos abdominales tienen a cada lado su correspondiente músculo **oblicuo externo**, que forma el flanco o costado del torso, sobresaliendo por encima de la cadera como una almohadilla lateral. Las esculturas clásicas destacaban estos tres músculos del torso: pectorales, rectos y oblicuos.

En la espalda tenemos el músculo **trapecio**, que es un músculo muy grande (sería mejor decir los trapecios, porque es un músculo par, pero la costumbre es usar el singular). En los individuos que lo tienen muy desarrollado el m. trapecio sobresale entre el cuello y los hombros. Lo puede ver de frente por encima de las clavículas y se lo puede tocar también por detrás en el cogote.

A los lados del cuello hay músculos poderosos para mover la cabeza, que nos pueden dar la lata cuando tenemos tortícolis, que no es otra cosa que una dolorosa contracción muscular. El músculo principal tiene un nombre largo que parece un trabalenguas: **esternocleiodomastoideo**. Con él se puede presumir de conocimiento anatómico. Si no conocía el músculo, seguro que conocía el dolor.

Otros dos músculos de la espalda muy notables son los **dorsales**. Su borde anterior se marca mucho en los cuerpos bien esculpidos. Este es un músculo que trabajan los que hacen dominadas, sobre todo las llamadas pronas, es decir, sujetando la barra con las palmas hacia delante, y no hacia nuestra cara.

En este libro hablo de la axila, porque es importante aunque no sea la parte del cuerpo más celebrada. Nos hemos vuelto cursis. Pues bien, el borde anterior de la axila lo forma el músculo pectoral mayor, y el borde posterior el músculo dorsal. Fácil de recordar: pectoral delante y dorsal detrás. Los dos lados de la axila son las costillas, por dentro, y la parte interna del brazo, por fuera. Esta región anatómica está a su alcance ahora mismo. Explore la axila y aprenderá anatomía.

Si ahora pasamos a los hombros no podemos por menos de mencionar el músculo **deltoides**, que le da a la región su volumen.

Los dos músculos principales del brazo son muy conocidos, sobre todo el de la cara anterior, que se llama **bíceps**; cuando se contrae forma una «bola» muy visible en los forzudos. El músculo de la cara posterior es aún más grande, y se llama **tríceps**. Estos dos músculos son los que más trabajan en las dominadas supinas, con las palmas de las manos hacia el rostro. Pero estoy seguro de que esto ya lo saben muchos lectores.

Si se mira ahora el dorso del pie descalzo verá unos tendones muy marcados. El tendón del dedo gordo va por libre. Son tendones de los músculos **extensores de los dedos del pie**, los que los doblan hacia arriba. Algo parecido verá si mira al dorso de la mano. A la vista quedan los tendones de los músculos **extensores de los dedos**. Y el pulgar va por libre, como pasa con el dedo gordo del pie. Si ahora gira la mano y la pone con la palma hacia arriba verá tendones en la muñeca. Se trata de los músculos **flexores de la mano y de los dedos**, que cierran la mano y doblan la muñeca.

Si conoce todos estos músculos y los principales huesos del esqueleto le puedo asegurar que no tendrá mucha dificultad para seguir las líneas generales de este libro. Puede considerarse desde ahora mismo aprobado en anatomía básica del aparato locomotor. Enhorabuena. Ahora bien, si aspira a sacar una nota alta conmigo tendrá que profundizar un poco.

Este es un libro de anatomía evolutiva, lo que quiere decir que iremos al registro fósil para conocer los huesos y dientes de nuestros antepasados y averiguar cómo nos hemos convertido en lo que somos. Hay ya muchos fósiles, afortunadamente, pero tienen números de catálogo (siglas) difíciles de recordar, incluso para mí. Por eso se les ponen motes cuando los fósiles son importantes, apodos que nunca se escriben en las publicaciones científicas serias, pero que usamos entre nosotros en las conversaciones de pasillo, y que son muy útiles para la divulgación. Los que van a salir aquí no son muchos y ya los voy adelantando: Ardi, Lucy, Selam (llamado también el «bebé de Lucy»), Little Foot, Issa y Big Man. Todos son ejemplares femeninos menos el último. Todos son australopitecos menos Ardi, que es un ardipiteco. Todos son adultos menos Selam, que tenía tres años cuando murió. También saldrá mencionada en este libro, como no podía ser menos, otra cría de tres años: el Niño de Taung, que fue el primer australopiteco que se encontró, hace casi un siglo. Y ya para terminar

hay un esqueleto famoso de un muchacho de la especie *Homo erectus*, encontrado en Kenia: es conocido como el Turkana Boy.

A diferencia de la mala opinión que tiene mucha gente de nuestro cuerpo, yo opino que somos un prodigio de diseño biológico. Y la razón es que, como sabían Descartes y sus colegas, nuestro cuerpo es una máquina perfecta. Para entender cómo funciona una máquina hay que saber algo de física, pero no se preocupe que yo no voy a meter ninguna fórmula matemática en el texto. Sí le voy a pedir, en cambio, que para el examen repase los tres tipos de palancas que estudió en su día. Empezaré por decir que una palanca es una máquina simple que consiste en una barra rígida con un punto de apoyo o giro. Hay tres tipos de palancas en física: la balanza de pesar, la carretilla y la pinza de depilar.

Resulta que en nuestro cuerpo existen esos tres tipos de palancas. Cuando mantenemos la cabeza en equilibrio sobre la columna vertebral tenemos una palanca del tipo de la balanza romana o del llamado *sube y baja* de un parque infantil. Cuando al andar levantamos el talón del suelo y apoyamos el pie sobre los dedos es como si empujáramos una carretilla, solo que la rueda son los dedos. Y cuando mordemos una manzana con nuestros incisivos (los dientes de delante) la boca es una máquina como la pinza de las cejas. ¿Ve qué simple es todo?

El aparato locomotor humano es un sistema de músculos y huesos que funciona mucho mejor de lo que suponemos y de lo que se suele decir. No somos una desgracia del diseño biológico, una especie mal hecha, la vergüenza de la evolución. El hecho de que seamos bípedos no nos hace menos armoniosos y eficientes. Y la prueba la tenemos en lo mucho que nos cuesta adelgazar haciendo ejercicio.

Por supuesto, el ejercicio es una actividad muy recomendable, con beneficios enormes para la salud, pero para adelgazar lo fundamental es la dieta (aunque desde luego el deporte ayuda). Por cada kilómetro que corremos quemamos casi una kilocaloría por cada kilogramo de peso corporal. Es decir, que si usted pesa 60 kilogramos perderá un poco menos de 60 kilocalorías por kilómetro corrido. ¡Con lo que cuesta correr un kilómetro! Por cierto, cuando se habla de «las calorías» en la conversación normal en realidad nos estamos refiriendo a las kilocalorías.

El problema para adelgazar es que una lata de cerveza contiene

150 kilocalorías, lo que quiere decir que vamos a tener que correr mucho para quemar esa energía. Todas las cifras que doy son muy aproximadas pero sirven para explicar el concepto. Si en lugar de correr trotamos, el gasto metabólico se reduce considerablemente. Además, y aunque parezca increíble, el gasto metabólico por kilómetro no depende de la velocidad a la que corramos. Prácticamente el gasto es el mismo siempre. Volveré a hablar de este curioso fenómeno más adelante en el libro.

¿Y cuál es la moraleja de esta historia? ¿Estamos mal hechos y no somos capaces de quemar calorías fácilmente y por eso nos cuesta bajar de peso? No. La moraleja es que estamos tan bien diseñados, somos tamaño prodigio de ingeniería biológica, que apenas gastamos energía cuando andamos o corremos. Nuestra eficiencia es asombrosa. Habrá que reducir por lo tanto la ingesta de calorías si queremos perder peso porque este coche que es nuestro cuerpo apenas consume gasolina.

De todos modos, y por si ha terminado agotado de anatomía, en el siguiente capítulo no le voy a hablar de músculos, ni de huesos ni de palancas. Solo de arte. Nos vamos de excursión al museo del Prado.

*Neptuno*. Taller romano. Museo del Prado.

# PASEO POR EL MUSEO DEL PRADO

Siempre que tengo oportunidad voy al museo del Prado. No me considero muy original por ello, son muchos los que lo hacen. Siendo hijo de una licenciada en Historia del Arte tampoco tiene mayor mérito. Pero cuando voy al museo del Prado yo empiezo inevitablemente por la escultura grecolatina, y eso no me parece que sea tan común. Es probable que esta inclinación me venga también de mi madre, porque los dos pensamos que el arte y la cultura griegos no pueden superarse y que forman la raíz y el sustento de lo que somos hoy los seres humanos. Y el ideal griego, nos parece, debería seguir siendo nuestra inspiración para lo que podemos llegar a ser en el futuro.

Pero muy poca gente que no sea especialista en historia del arte sabe en España y en el mundo de las joyas de la estatuaria clásica que se conservan en el museo del Prado. La mayoría son adquisiciones de Felipe V (un francés que fue el primer rey borbón de España) y su esposa Isabel de Farnesio (una italiana de Parma). La colección había sido reunida en Roma por una mujer con una vida de película, la reina Cristina de Suecia, que se había convertido al catolicismo, abdicado del trono sueco y se había mudado a la Ciudad Eterna. Al poco tiempo de morir la reina Cristina sus bienes se vendieron en almoneda y entonces fue cuando los adquirieron los reyes de España.

En el gran distribuidor del museo, una vez que se ha accedido al interior del edificio por la puerta llamada de los Jerónimos, nos da la bienvenida un corro de estatuas de mujeres sentadas que representan a ocho de las nueve musas. Son copias romanas del siglo segundo realizadas a partir de originales helenísticos fechados también en el siglo segundo, pero antes de la era común. Se puede decir tanto «antes de Cristo» como «antes de la era común». Y por arte helenístico se entiende el arte griego posterior a la muerte de Alejandro Magno en el 323 antes de la era común.

Volviendo a las musas, las estatuas fueron encontradas en las

excavaciones que se llevaron a cabo en la villa de Adriano, la casa de recreo con espléndidos jardines que se mandó construir el emperador romano de ese nombre en Tívoli. En el palacio Riario de Roma, en el Trastévere, junto a la colina del Janículo, la reina Cristina recibía a sus invitados rodeada de las musas. Como faltaba una de las nueve, la reina Cristina hacía de musa viviente. Junto con las musas se exponía una estatua de Apolo de Francesco Maria Nocchieri (siglo XVII) que hoy se puede ver en el palacio de La Granja de San Ildefonso. A esta estatua le faltaba el dedo meñique de la mano izquierda, que se le cayó cuando se mostraba en el jardín del Príncipe de Aranjuez, y un ciudadano lo acaba de devolver.

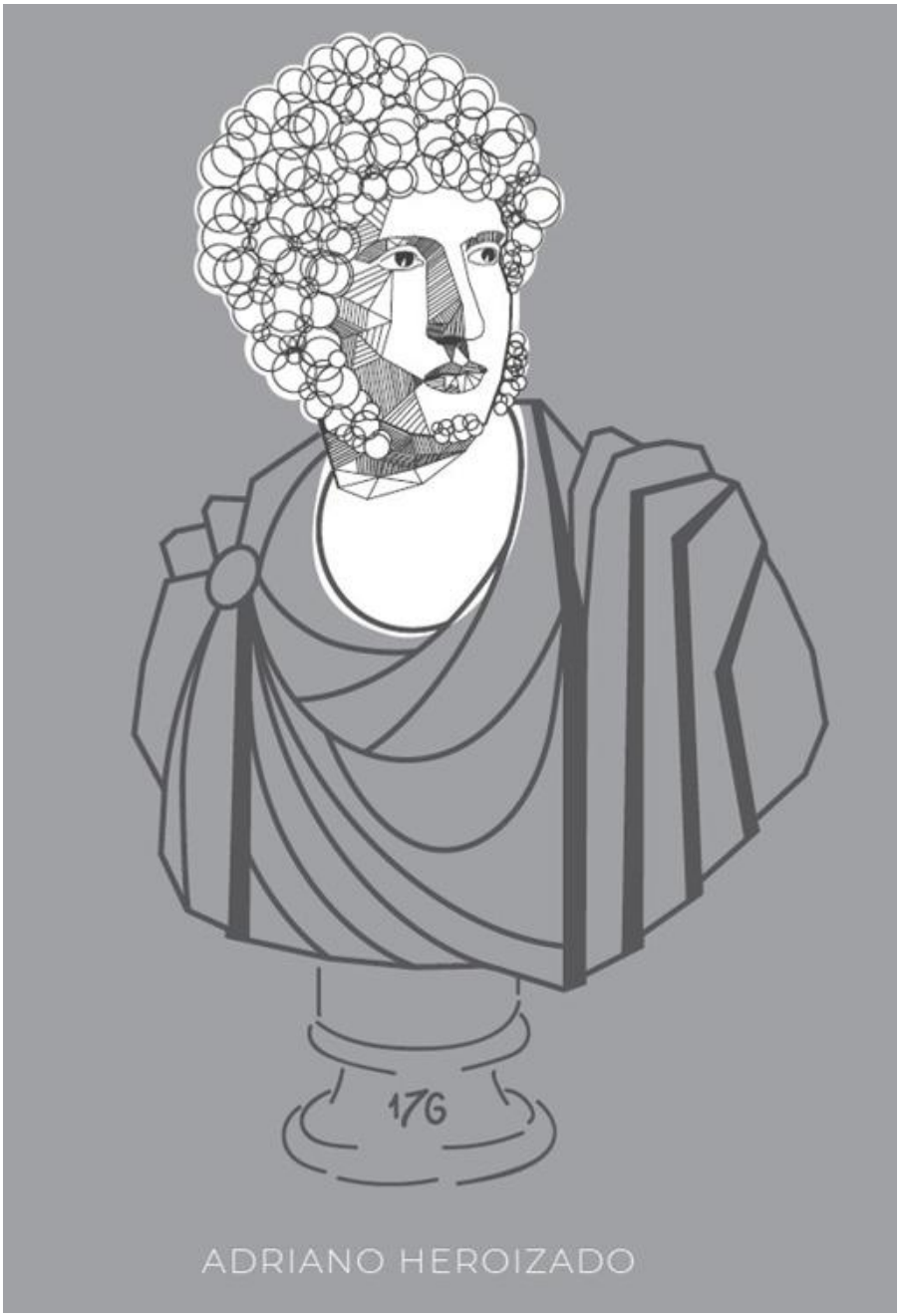
La escultura mejor conservada del conjunto de las musas del Prado representa (seguramente) a Clío, la musa de la historia, a la que invoco ahora para que me inspire en la escritura de este libro.

Como lector entregado que soy del libro *Memorias de Adriano* de Marguerite Yourcenar (en la magnífica traducción al español de Julio Cortázar), me siento muy afortunado de que por caprichos de la historia pueda disfrutar en mi propia ciudad de las esculturas que decoraban la escena del *teatro griego* en el que el emperador filoheleno (amante de lo griego) tanto disfrutaba de las obras clásicas. Si siente curiosidad por este emperador, en el mismo museo del Prado puede ver dos bustos suyos. Uno está junto al del joven Antínoo, su gran amor, en la sala conocida como de Ariadna. Este retrato de Adriano es realista, como les gustaba a los romanos, pero al final de su vida al emperador le dio por hacerse representar como un héroe griego, joven y guapo, o sea, muy idealizado para como estaba él por entonces. Ese busto de Adriano rejuvenecido está en otra sala, la del Grupo de San Ildefonso (figura *Adriano heroizado*). Compare los dos retratos de Adriano y saque sus propias conclusiones. Por cierto, no se pierda la escultura de Ariadna dormida que da nombre a su sala, ni el Grupo de San Ildefonso que se lo da a la suya. Son ejemplos muy valiosos del arte clásico.

Partiendo del distribuidor de las musas, con las paredes de estuco pintado de rojo pompeyano, los visitantes se dirigen a las diferentes salas de pinturas. Yo me voy directamente a las salas de escultura clásica. Tengo una cita permanente con una estatua bellísima, y siempre empiezo por ahí mi visita del museo, independientemente de lo que vaya a ver luego. Pero primero está el *Diadúmeno*, una escultura

de dos metros hecha de mármol blanco de grano fino.

Lo que vemos cuando llegamos a la habitación sin salida, una especie de ábside donde se encuentra la estatua, es un hombre joven sobre un pedestal al que hay que mirar de abajo arriba, de los pies a la cabeza. Se le puede dar la vuelta para disfrutarlo desde todos los lados. El mármol está pulido, dándole a la anatomía una apariencia de carne glorificada, de cuerpo ideal. Nos encontramos en presencia de una de las más grandes obras de arte de la historia de la humanidad, el *Diadúmeno* de Policleto.[1]No se trata del original en bronce realizado por el artista en el siglo v antes de la era común en Atenas, por supuesto, porque esa escultura ya no existe, sino de una copia romana del siglo segundo de la era común. Pero, eso sí, es la mejor copia que ha llegado hasta nuestros días y no podrá ver una mejor en ningún otro museo del mundo. Cada vez que un colega o un amigo me solicita consejo sobre cómo visitar el Prado y qué obras seleccionar, siempre le digo que empiece por el canon clásico, el *Diadúmeno* de Policleto. Han pasado veinticuatro siglos desde entonces, pero nadie lo ha superado.




El brazo derecho del *Diadúmeno* no es el original, sino uno añadido en el Barroco (eso sí, de gran calidad) porque la estatua estaba manca de ese brazo cuando se encontró en Roma, y no fue identificada como el *Diadúmeno* hasta más tarde. Ahora parece un arquero, pero el brazo derecho originalmente se doblaba hacia la

frente como el brazo izquierdo. La estatua representa a un joven que se ciñe en el pelo la cinta de los ganadores en una competición atlética. Es el cuerpo perfecto en el momento más espléndido de la vida, cuando el joven se cree inmune a la enfermedad y a la vejez, se cree inmortal, se cree invencible, se cree un dios, el dios Apolo, a quien quizás la escultura realmente representa.

Es el canon clásico de belleza masculino, y sin embargo hasta que llegó Darwin nadie sabía que el auténtico cuerpo humano hecho de carne que el *Diadúmeno* de mármol exalta ha sido tallado por un artista enormemente lento que tardó millones de años en completar su obra.

Mi propósito en este libro es explicar el cuerpo humano (todos tenemos uno) desde la perspectiva de ese artista improbable que es la evolución, gran escultora de cuerpos, todos ellos bellos, todos ellos perfectos.

Este no es en cambio el libro en el que se cuenta cómo funciona la evolución, cómo produce tanta belleza sin proponérselo (a esta tarea he dedicado otras obras). Baste aquí para entender la evolución un aforismo que he leído en el libro *Pienses lo que pienses piensa lo contrario* del famoso publicista Paul Arden, en el que se explican los beneficios de tomar decisiones inesperadas, afrontar riesgos, tirar los dados, apostar por la sinrazón. De cómo el pensamiento original y a contracorriente es el camino más indicado para triunfar. El aforismo de Paul Arden al que me refiero dice: «Tú hazlo y ya lo irás mejorando». Así es exactamente como trabaja la evolución: echa a andar con lo que tiene en cada caso y va mejorando los diseños, y por eso ha llegado tan lejos. Como escribió el premio Nobel François Jacob, no se trata más que de hacer bricolaje.

Pero detengámonos un momento: ¿he escogido un cuerpo masculino, aunque sea el del divino Apolo, para representar a la totalidad de la especie humana? ¿Y qué pasa con la otra mitad de la humanidad? De ninguna manera es esa mi intención, por único que sea el *Diadúmeno* del Prado, porque el cuerpo del hombre y el de la mujer son distintos y de eso también deseo hablar en este libro. De las diferencias entre los dos sexos.

En realidad, las primeras esculturas clásicas de las que hemos hablado aquí son las que se ven cuando se ingresa en el Prado: las musas de Villa Adriana. Todas ellas se encontraron sin cabeza, por lo

que les pusieron unas nuevas en la época de la reina Cristina.

Pero para describir el cuerpo humano necesitamos cuerpos desnudos y las musas están decentemente vestidas y no nos valen para ese propósito. Tenemos que buscar en el museo una escultura femenina completamente desnuda. Sin embargo, los griegos clásicos eran bastante púdicos en lo que se refiere al sexo femenino y no representaban nunca a la mujer desnuda, ni aunque fuera una diosa.

Hasta que llegó Praxíteles a mediados del siglo cuarto antes de la era común y esculpió a la diosa Afrodita (la diosa Venus de los romanos) de pie y completamente desnuda a punto de tomar un baño ritual, con la mano izquierda sujetando sus vestiduras, que deja caer sobre una especie de ánfora (un lutróforo para ser más preciso), y con la derecha tapándose el pubis. Esta escultura se exhibía en la ciudad de Cnido en Jonia (que hoy es Turquía), a la que hizo tan famosa que la propia Afrodita, según decían los griegos, acudió a ver su retrato. «¿Dónde me vio Praxíteles desnuda?», exclamó. El templete donde se encontraba la Afrodita de Praxíteles estaba completamente abierto al exterior para que la escultura pudiera ser observada desde todos los ángulos por los espectadores, según nos cuenta en su *Historia natural* Plinio, que la vio.

En el museo del Prado se expone junto al *Diadúmeno* una copia romana del siglo segundo de la cabeza de la Afrodita Cnidia, y es bellísima, hasta el punto de que según el pintor Anton Raphael Mengs tiene más calidad que la copia de la Afrodita Cnidia del Vaticano, que está considerada una de las mejores que existen.

Anton Raphael Mengs nació en Bohemia (hoy República Checa), pero vivió en Madrid un tiempo trabajando para Carlos III. Era el artista más cotizado de su generación. La que fue su casa madrileña durante ocho años se emplazaba en la actual plaza de San Ildefonso. En uno de los costados de la plaza se encuentra la iglesia que le da nombre, donde en 1858 se casó la gran poeta gallega Rosalía de Castro. Nada lejos está la plazuela de Antonio Vega, dedicada al autor de canciones tan conocidas como *La chica de ayer* y *El sitio de mi recreo*. En esa zona de Madrid llamada «Malasaña», en el barrio de Maravillas, se enclavan varios de los garitos donde en los años ochenta del siglo pasado se reunían los protagonistas del movimiento cultural que se conoce como la movida madrileña.

Cuento todo esto para manifestar que el arte, la cultura y la

belleza son una corriente que atraviesa el tiempo y que nos permite disfrutar de lo mejor de cada época, sin excluir ninguna: de las esculturas del arte clásico griego, de la pintura neoclásica del siglo XVIII, de la poesía de Rosalía de Castro del XIX, de la música de Antonio Vega y de Enrique Urquijo (ambos desaparecidos tristemente) y del cine de Almodóvar. Retomando el hilo, no se pierda la cabeza de la Afrodita Cnidia del Prado.

A partir del modelo de Praxíteles se hicieron en época helenística muchas otras Afroditas desnudas, que son versiones de la de Praxíteles con algunos cambios. En la sala llamada de Ariadna del museo del Prado se exhibe una escultura de mármol de dos metros de alto de una Afrodita de cuerpo entero que es una copia romana (del siglo segundo) de un original helenístico del siglo tercero antes de la era común. En la figura *El esqueleto de Afrodita* Susana Cid la deja literalmente en los huesos, y también la utiliza para la terminología de las partes del cuerpo en la figura *Direcciones anatómicas*.

La escultura de Afrodita del museo del Prado fue encontrada en las excavaciones que se llevaron a cabo en Roma cerca de la iglesia de San Lorenzo, en Panisperna, e inmediatamente fue adquirida por la cultísima reina Cristina de Suecia. Se conoce a esta escultura como la *Venus del delfín* porque a su lado hay un animal marino con vaga forma de cetáceo. Venus, le recuerdo, era la divinidad del panteón romano equivalente a la Afrodita griega. Pertenece al tipo llamado «venus capitolina» por la escultura clásica que se exhibe en los Museos Capitolinos de Roma, si bien la Venus del Prado representa una variante en la que el vaso (lutróforo) y los ropajes de la diosa han sido sustituidos por un delfín que subraya el origen marino de Afrodita. La Afrodita del museo del Prado estaba emplazada originalmente en una villa romana, seguramente en sus jardines. Quién los hubiera podido conocer.

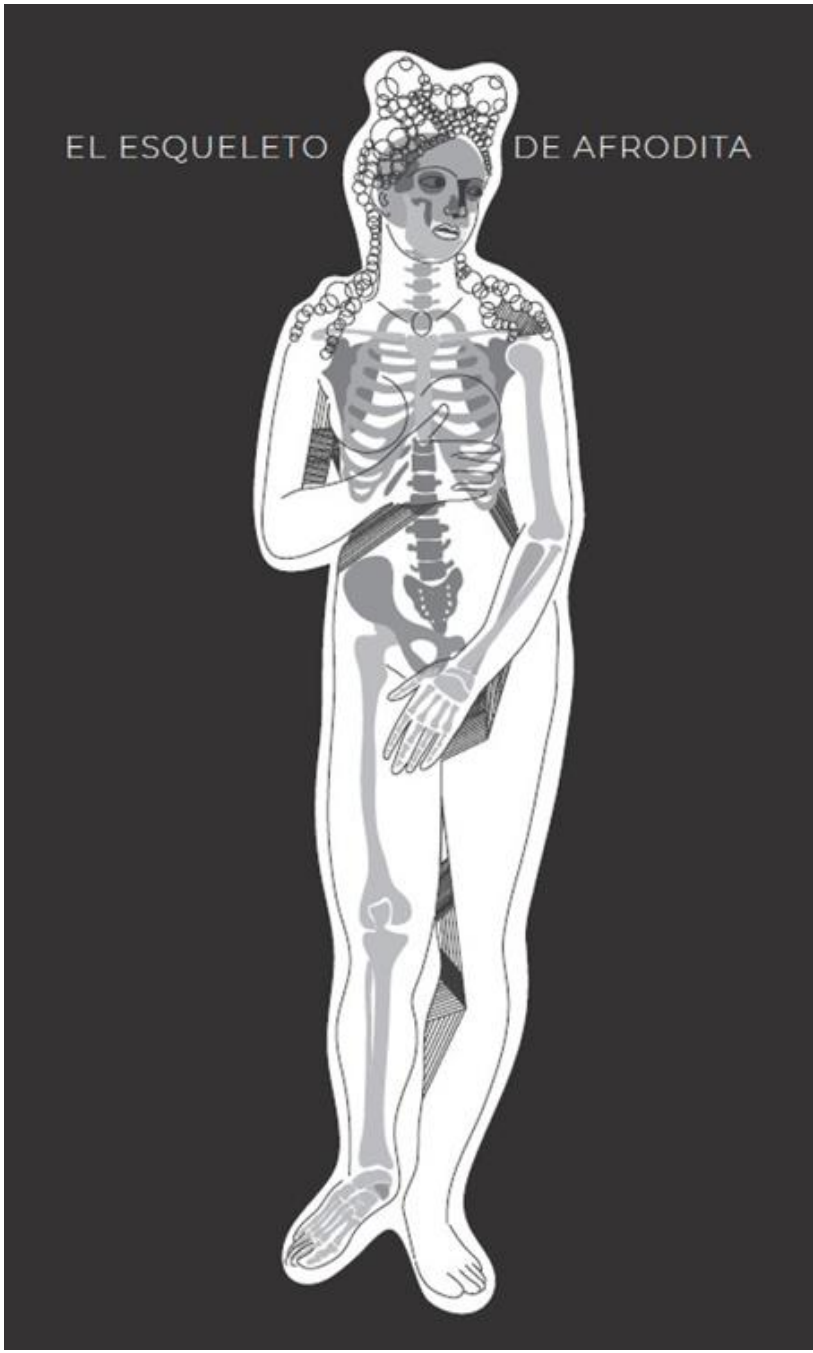
Esta escultura de la *Venus del delfín* me encanta porque es un cuerpo femenino muy moderno. El canon de belleza había cambiado desde los tiempos clásicos, y la Afrodita que vemos en el muso del Prado es más espigada y tiene más movimiento. Además, me gusta cómo Afrodita lleva el pelo mojado recogido en un lazo en lo alto de la cabeza, y con un moño en la nuca. La cabeza de la Afrodita de la sala del *Diadúmeno*, en cambio, tiene un peinado más sencillo, como era el de la Afrodita original de Praxíteles. Un detalle importante es

que las venus capitolinas, como la del Prado, se cubren el cuerpo con las dos manos: la derecha va al pubis y la izquierda, que ya ha soltado las ropas, al pecho.

Si usted es una persona extraordinariamente observadora, si ha llegado hasta la *Venus del delfín* pasando por el gran distribuidor donde se exhiben las ocho musas de la Villa Adriana, y si se ha detenido a mirarlas, se habrá fijado en un hecho extraordinario. Esa cabeza de Afrodita con el elaborado peinado ya la ha visto antes, y está grabada en su subconsciente. Ninguna de las musas se encontró con cabeza en las excavaciones, como se ha dicho, y cuando se reconstruyeron en el taller de Bernini a una de las esculturas —la de Clío, a quien he invocado al principio del libro— le pusieron una cabeza antigua que era de una Afrodita del tipo de la *Venus del delfín* del Prado. Seguramente se había tallado en la misma época.

A diferencia de la Afrodita de Cnido en su templete abierto, en el museo del Prado solo podemos ver el cuerpo de la *Venus del delfín* de frente o de costado, ya que al estar situada cerca de la pared se nos oculta su espalda. En la Galería Jónica del museo del Prado hay un torso de Afrodita del tipo venus de Medici que es réplica romana del siglo primero de un original griego del siglo anterior. Tampoco la podemos ver de espaldas.

Sin embargo, en la sala que hay que atravesar para llegar hasta el *Diadúmeno* se puede ver desde todos los ángulos una *Afrodita agachada*, copia romana del siglo segundo de una escultura de la escuela de Rodas, de hacia el año 100 antes de la era común, aunque tanto la cabeza como los hombros y los brazos son añadidos. En la escultura original la diosa hacía el gesto de arreglarse el largo cabello mojado con las dos manos. Esta es una Afrodita Anadiómene, es decir, que sale del agua, como se puede ver porque su rodilla derecha se apoya sobre una tortuga. Susana Cid ha utilizado esta Afrodita desnuda para explicar la circulación de la sangre (figura *La Venus del sistema circulatorio*). Si visita el Museo Arqueológico de Córdoba podrá contemplar una magnífica Afrodita en cuclillas, que por otro lado es la única Afrodita encontrada en España. Es copia romana de un original atribuido a Doidalsas de Bitinia que se fecha a mediados del siglo III antes de la era común.




Las venus/afroditas de los tipos venus de Medici y venus capitolina se llaman venus púdicas, porque aunque están desnudas por completo se tapan la región genital con un brazo y el pecho con otro, y su actitud general es tímida. Parece que acaban de ser sorprendidas

cuando se creían solas, y hacen el gesto instintivo de taparse por pudor (con lo que convierten al espectador en mirón), o puede que tengan frío, o incluso es posible que estén señalando sus atributos femeninos.

Muchos siglos más tarde (en el siglo XV), Botticelli pintaría de la misma manera a su modelo, la joven Simonetta Vespucci, en el cuadro *El nacimiento de Venus* que se puede ver en la Galería Uffizi de Florencia, desnuda tal y como salió de las aguas, porque Afrodita nació de la espuma amarga del mar.

Ya lo dijo Federico García Lorca en el poema «Mar», escrito en abril de 1919 y publicado en 1921 (*Libro de poemas*).

*Pero de tu amargura*
*Te redimió el amor.*
*Pariste a Venus pura,*
*Y quedose tu hondura*
*Virgen y sin dolor.*

La rubia Simonetta sigue siendo un icono de belleza femenina inmarchitable e inmarchitada. La pobre murió a los veintitrés años, convirtiéndose ya para siempre en la encarnación de la diosa Venus.

En el museo del Prado hay una escultura de un dios que pertenece al mar; o mejor, un dios *al que le pertenece* el mar. Me refiero a Poseidón, Neptuno para los romanos. Es una escultura monumental de época romana, de los años finales de nuestro conocido emperador Adriano o primeros años del siguiente emperador, que fue Antonino Pío. Esta estatua también tiene un delfín. Se encontró muy completa, afortunadamente, de forma que se puede ver hoy con pocos añadidos. Se compró en el mercado de antigüedades de Roma para Felipe V, o tal vez para Carlos III. Susana Cid se basó en el *Poseidón* del Prado para su figura de los puntos de referencia del esqueleto que son accesibles por palpación en la parte anterior del cuerpo (figura *Hay un dios en el mar*).

Esta escultura impresionante me seduce por la historia de cómo se averiguó su localización original exacta. Sobre la frente del delfín se lee, en una inscripción en griego, que la estatua fue dedicada por Publio Licinio Prisco, sacerdote vitalicio del culto imperial, al dios de Istmia. Se refiere al istmo de Corinto, en Grecia, donde había un gran

santuario dedicado a Poseidón. En su obra *Descripción de Grecia* (considerada la primera guía turística de la historia), el geógrafo Pausanias da noticia de un pequeño santuario consagrado al dios Palemón al sur del gran santuario de Poseidón en Istmia. Según Pausanias este santuario tenía una estatua de Poseidón, junto a las de Palemón y su madre Leucótea, en un templo circular construido en época del emperador Adriano. Seguramente quien corrió con los gastos de la edificación fue el mecenas Publio Licinio Prisco.

Al excavarse las ruinas del santuario de Palemón se encontró el pedestal de una estatua dedicada al mismísimo Publio Licinio Prisco con su nombre escrito con el mismo tipo de letra que la del delfín del *Poseidón* del Prado. Esta estatua seguramente se emplazaba, con otras estatuas de personas famosas y personajes míticos, pero no de dioses, alrededor del templo.

En resumen, que se puede tener por cierto que la estatua de Poseidón del museo del Prado estaba en el interior del templo circular del santuario de Palemón en el istmo de Corinto, donde era venerada. Se merece por tanto el mismo respeto en el museo, porque no deja de ser una imagen de culto. A mí me parece casi un milagro que se pueda ver en Madrid la misma estatua que contempló Pausanias en el siglo segundo en Grecia.

Así pues, dos milenios después de que fueran talladas, las esculturas clásicas del museo del Prado nos servirán de modelos en nuestro viaje por el cuerpo humano que ahora se inicia. Empezaremos por la parte más baja de nuestra anatomía, la que toca el suelo, pero no la menos importante para el primate que un día se puso de pie y empezó a andar.

*Venus del delfín*. Taller romano. Museo del Prado.

# Primera parte
# De cintura para abajo

# EL PIE

*Descálcese y mírese el pie. Es una estructura alargada, que se extiende desde el talón hasta los dedos. En el dorso del pie tenemos el empeine. Los huesos del empeine que articulan con las falanges de los dedos se llaman metatarsianos. La articulación del dedo gordo con su correspondiente metatarsiano puede no ser recta, sino formar un ángulo que llamamos juanete y es doloroso. El hueso del talón es el calcáneo. En la planta del pie hay una concavidad, que en realidad es una media cúpula porque el lado de fuera está pegado al suelo mientras que el de dentro forma un arco a lo largo del pie. Le voy a pedir que toque el punto más alto del arco interno del pie: ahí sobresale un hueso que se llama navicular o escafoides. Comparados con los dedos de los chimpancés, nuestros dedos son cortos, y el dedo gordo... pues es gordo. Y además está alineado con los otros dedos, no separado y alejado de ellos como en los simios. La bóveda plantar sirve para absorber el peso del cuerpo, y por eso es hasta cierto punto deformable. Pero el pie tiene que ser también lo bastante rígido como para que podamos ponernos de puntillas, que es lo que hacemos cada vez que levantamos el pie del suelo cuando andamos. El pie humano es un prodigio de biomecánica. Como el resto del cuerpo. La mejor manera de saber cómo funciona, es decir, su fisiología, es andar sobre la arena mojada de la playa y fijarse en la huella.*

## Contamos con los dedos

Siempre me preguntan por qué los animales no han evolucionado como nosotros, y por qué se han quedado en animales para siempre. Yo intento explicar que todos los animales han evolucionado, porque ninguno ha permanecido tal y como eran sus antepasados de hace millones de años. El pie es un buen ejemplo, porque el pie humano está muy transformado si se mira de una manera, y muy poco modificado si se mira de otra. A ver si me explico.

Los primeros vertebrados terrestres, es decir, los primeros anfibios, tenían cuatro patas; o sea, eran cuadrúpedos. Y cada una de esas patas acababa en lo que los zoólogos llaman un autópodo, es decir, una mano o un pie, que es como hablamos cuando nos estamos refiriendo a un ser humano o a un mono.

El primer tetrápodo tenía básicamente los mismos huesos en las extremidades que tenemos los tetrápodos actuales, incluidos nosotros los seres humanos. Y entre esos huesos se encuentran los de las manos y los de los pies, con cinco dedos en los dos casos. Por este motivo las manos de las ranas nos parecen muy humanas.

Eso quiere decir que las manos de los primates (el orden de mamíferos al que pertenecemos los humanos) son bastante primitivas, puesto que se parecen a las de las ranas. Hay algunas diferencias importantes, por supuesto, con otros mamíferos, y la principal es que los primates tienen uñas planas en lugar de garras.

La forma plana de nuestras uñas es una adaptación a la vida arbórea, ya que sirven para aferrarse a las ramas. Los primeros primates no tenían uñas planas en todos sus dedos, pero los llamados «primates superiores», entre los que nos encontramos (faltaría más, teniendo en cuenta que somos nosotros quienes hacemos las clasificaciones), contamos con uñas planas en todos los dedos de las manos y de los pies. Algunos monos americanos (los titíes y tamarinos) llevan garras en todos los dedos menos en el gordo del pie, pero es una especialización que han desarrollado a partir de antepasados con todas las uñas planas. Han vuelto atrás.

Se suele llamar informalmente «primates superiores» a todos los que no son lémures, loris o tarseros. A estos últimos se los conoce informalmente como «primates inferiores», aunque en realidad los tarseros están evolutivamente más cerca de nosotros los humanos que de los lémures y loris. Los lémures solo viven en la isla de Madagascar, los loris en África y Asia, y los tarseros en Indonesia.

Los «primates superiores» son lo que se llama en biología evolutiva un «grupo natural», en el sentido de que todos vienen de un antepasado común, que es el fundador del grupo. Los «primates superiores» son llamados técnicamente «antropoideos». Unos viven en América, los platirrinos, y otros en el Viejo Mundo, los catarrinos, dentro de los cuales se incluyen los simios y los humanos, entre otras muchas especies.

El término informal «monos» (en inglés *monkeys*) comprende a todos los «primates superiores» que no son simios ni humanos. Unos son del Nuevo Mundo y otros del Viejo Mundo y casi todos tienen cola. Algunos macacos que la han perdido son la excepción.

En el lenguaje común son llamados «simios» (en inglés, *apes*) los chimpancés, bonobos, gorilas, orangutanes y gibones, ninguno de los cuales tiene cola.

Los gibones son los simios pequeños (*lesser apes* en inglés) y forman una familia con el siamang, que es una especie algo diferente. Todos ellos viven en el Sudeste asiático.

Los chimpancés, bonobos, gorilas y orangutanes son los grandes simios (*great apes*). Viven en África, salvo los orangutanes, que lo hacen en Sumatra y Borneo.

En realidad, los humanos deberíamos llamarnos simios a nosotros mismos, porque estamos más cerca de los chimpancés y bonobos que estos de los gorilas. Somos, como dice Jared Diamond en el título de uno de sus libros, la tercera especie de chimpancé, o en todo caso, unos simios africanos junto con chimpancés, bonobos y gorilas.

No podemos cambiar el uso que la gente hace del lenguaje, y a nadie se le ocurriría llamar simio a un ser humano porque resultaría ofensivo y habría que dar demasiadas explicaciones. Pero sí podemos cambiar, a la luz de los nuevos datos, la clasificación científica de las especies. Por eso, modernamente el término «homínido» abarca no solo a los seres humanos, sino también a los grandes simios: chimpancés y bonobos, gorilas y orangutanes, con los que formamos una misma familia zoológica. Cuando se incluye a los gibones en el grupo el término que se utiliza para todos juntos es el de «hominoideos», una superfamilia zoológica.

En este libro, cuando uso la palabra «hominino» me refiero exclusivamente a aquellos fósiles de homínidos que pertenecen al linaje humano, después de que este se separara de la estirpe de los chimpancés y bonobos.

Por conservar los cinco dedos, aunque tengan uñas en lugar de garras, los primates pueden considerarse primitivos en cuanto a la anatomía de sus manos y pies. Mucho más han cambiado los mamíferos que tienen cascos o pezuñas o alas o aletas. De ellos sí que podemos decir que han evolucionado, y mucho, a partir del antepasado común de todos los mamíferos, que vivía en la era de los

dinosaurios.

Considérese el caso de los caballos. Solo les queda ya el dedo central, que han alargado mucho y puesto vertical. Ese punto de apoyo tan reducido es el que les permite galopar velozmente. Los primeros équidos (la familia de caballos, asnos y cebras) tenían aún cuatro dedos en las patas de delante y tres en las de detrás, pero los fueron reduciendo en la evolución hasta que desaparecieron todos los dedos menos el central.

En la mano humana los dedos se cuentan desde el pulgar, que es el primero, hacia el meñique, que es el quinto, y en el pie se cuentan desde el dedo gordo (el primero) hasta el dedo pequeño (el quinto). Y no crea que la reducción del número de dedos de los équidos acabó hace mucho tiempo, porque los primeros équidos con solo un dedo son relativamente recientes en tiempo geológico, de la época de los primeros homininos. Es decir, los caballos, las cebras y los asnos han evolucionado tanto como nosotros, y al mismo tiempo, aunque en otra dirección.

Los dedos tienen tres falanges, menos el pulgar y el dedo gordo, que solo tienen dos. Pues bien, los caballos, cebras y asnos se apoyan solo sobre la falange más alejada, la que es portadora de la uña.

En los bóvidos (la familia de las vacas, ovejas y cabras), los dedos que permanecieron fueron el tercero y el cuarto, y también se apoyan sobre la última falange. Literalmente, los bóvidos y los équidos caminan sobre sus uñas (pezuñas y cascos, respectivamente) y por eso se los llama conjuntamente ungulados, aunque no pertenezcan al mismo linaje evolutivo, sino a dos estirpes distintas. Son mamíferos que han evolucionado por separado hacia un mismo tipo de locomoción.

## La huella del pie

En comparación con cambios tan drásticos, nuestra mano y nuestro pie han permanecido en estado bastante primitivo en cuanto al número de dedos, pero en los humanos los huesos se han modificado mucho, especialmente los del pie. No hay más que comparar nuestro pie con el de un chimpancé, un bonobo, un gorila o un orangután, es decir, con cualquiera de los grandes simios.

Lo primero en lo que nos fijamos es en el dedo gordo, que está separado de los demás dedos del pie en todos los primates no humanos. Técnicamente se dice que está abducido, es decir, que es divergente respecto del segundo dedo. Además, el dedo gordo es más corto que los otros.

Por el contrario, en el pie humano el dedo gordo no se separa y además llega tan lejos como los demás dedos, con los que se alinea. Es el pie humano el que ha cambiado, no el de las otras especies. ¿Pero cómo?

Aunque le parezca mentira, el dedo gordo humano no es de una longitud exagerada. Tiene la que le corresponde, aunque su grosor sí que es notable. Me refiero a que son los cuatro dedos laterales los que son pequeños en el pie humano. Cuando se compara la longitud de los dedos con la del resto del pie resulta que los dedos humanos son todos muy cortos, excepto el gordo. ¿Qué le parece? Pues añadiré que lo mismo pasa con el pulgar de la mano. Aunque grueso, su longitud es normal. Son los otros dedos los que se han acortado. No hay más que comparar la mano humana con la de un chimpancé para entenderlo. Pero volveremos sobre este tema cuando lleguemos a la mano.

Simplificando la comparación entre el pie del chimpancé y el pie humano, diríamos que mientras que el pie de los chimpancés nos recuerda a una mano (de hecho, tenemos que mirar con atención para distinguirlos en una foto o en un dibujo), el pie humano no se parece en absoluto a una mano, aunque tenga los mismos huesos que los pies de los demás primates.

No tiene por qué creerme siempre, pero el lector tiene una forma muy sencilla de comprobar si es cierto o no lo que digo en este libro. Consiste en mirarse a uno mismo, porque después de todo lo que pretendo es poner en práctica el consejo que estaba escrito en el templo de Apolo en Delfos, en la antigua Grecia: *nosce te ipsum*, conócete a ti mismo. Claro que también podemos mirar la anatomía de otra persona, o la de nuestros guías en este recorrido por el cuerpo humano: el *Diadúmeno*, la *Venus del delfín* o el *Poseidón*, entre otros.

Una manera que yo utilizo en conferencias y clases para reconocer la especificidad del ser humano es imaginando a unos chimpancés con este o aquel rasgo humano, y haré amplia utilización de este recurso didáctico en el libro. Podemos empezar por el pie. Nos llamaría inmediatamente la atención un chimpancé que tuviera un pie

como el nuestro. Pero más nos llamaría la atención si lo viéramos en acción, porque ni los chimpancés ni ningún otro primate pisan como lo hacemos nosotros, ni apoya el pie al andar de la misma forma que los humanos.

Y la mejor manera de ver cómo se transmite el peso al caminar es fijándose en la huella que dejamos, algo que podemos hacer en cualquier playa. Sería conveniente que realizara el sencillo experimento de caminar sobre la arena mojada y se fijara luego en cuáles son las partes más hundidas de la huella, dónde se transmite el peso del cuerpo al suelo (figura *Estos pies son para caminar*).

La huella del pie del chimpancé es como la propia planta del pie, a la que reproduce fielmente en el suelo. En cambio, la huella humana —sobre un suelo blando, se entiende, como el de la arena mojada de la playa cuando se retira la ola— no es igual en absoluto a la planta del pie, a la que no reproduce fielmente: solo algunas partes se marcan, aquellas en las que se apoya el pie al caminar, empezando por el talón y terminando en el dedo gordo. En este libro se recomienda mirar y palpar el cuerpo (propio o de alguien que se preste a que lo *exploremos*) para conocer la anatomía, pero el estudio puede ampliarse a las huellas que dejamos porque son anatomía en acción (en movimiento), es decir, fisiología.

## El talón y la serpiente

Lo primero que se posa en el suelo, cuando adelantamos un pie, es el talón. Si da ahora mismo una zancada amplia lo comprobará al momento. El hueso que forma lo que normalmente llamamos talón se conoce en anatomía como calcáneo y forma parte de un conjunto de huesos que académicamente se denomina «tarso». El calcáneo es el hueso más grande del tarso y la parte que se apoya en el suelo se llama tuberosidad calcánea. De atrás hacia delante, el pie se compone de tarso, metatarso y dedos.

En la Biblia de Casiodoro de Reina (publicada en Basilea en 1569), Dios se dirige a la serpiente que tentó a Eva y causó su ruina y la de todos sus descendientes y la amenaza: «Y enemistad pondré entre ti y la mujer y entre tu simiente y su simiente; ella te herirá en la cabeza y tú la herirás en el calcañar». Según el diccionario de la Real

Academia el calcañar es la parte posterior de la planta del pie. No deben de ser pocos los que a lo largo de la historia han recibido una picadura de serpiente en ese lugar cuando andaban descalzos, y por eso está en la Biblia.

El médico catalán Bernardino Montaña de Monserrate (seguramente nacido en Barcelona) llama al calcáneo «hueso del calcañar» en su *Libro de la anatomía del hombre*. Publicado en 1550 o 1551, es el primer tratado de anatomía humana escrito en castellano. El propio Montaña de Monserrate nos dice por qué no lo escribió en latín: «He holgado de escribir este libro en romance porque muchos cirujanos y otros hombres discretos que no saben latín se querrán aprovechar de leerlo. Y también porque hallo que en este tiempo los médicos están tan aficionados al latín que todo su pensamiento lo emplean en la lengua. Y lo que hace al caso, que es la doctrina, no tienen más pensamiento de ello que si no la leyeran». Gran tipo este Montaña de Monserrate, que puso el conocimiento de la anatomía humana al alcance de todo el mundo, y no solo de los pedantes aficionados a la latiniparla, más preocupados por el continente que por el contenido.

En aquella época los cirujanos y los médicos se encuadraban en categorías sociales y profesionales diferentes. Ganarse la vida sajando y cosiendo, recomponiendo huesos, sangrando y extrayendo dientes era un trabajo manual, y los nobles no trabajaban con las manos. Los médicos diagnosticaban enfermedades, recetaban remedios de la botica y ordenaban sangrías, pero ellos no tocaban a los pacientes. Por el contrario, los cirujanos eran de baja extracción social, no tenían estudios universitarios, y realizaban tareas manuales que los médicos consideraban impropias de su formación académica. Los cirujanos no sabían latín, en consecuencia, y por eso Montaña de Monserrate escribe su libro en lengua romance, para que lo puedan leer todos, cirujanos y personas interesadas, y no solo los médicos que habían cursado estudios superiores en las prestigiosas, pero clasistas, universidades españolas de la época. Hasta el siglo XIX no se unificaron en España los estudios de Cirugía y de Medicina en una sola licenciatura que lleva los dos nombres en el mismo título.

El gran anatomista castellano Juan Valverde de Amusco en su *Historia de la composición del cuerpo humano* (publicado, también en castellano, en Roma en 1556) se refiere al calcáneo como hueso del

calcañar o zancajo. Esta última palabra se puede encontrar todavía en el diccionario de la Real Academia. Es el despectivo de «zanca», que significa 'pierna humana' o 'pata de animal' en lenguaje vulgar, y obviamente «zancada» viene de ahí. Además, el diccionario recoge la expresión «no llegarle alguien a los zancajos, o al zancajo, a otra persona». En este libro recurriré en muchas ocasiones a Valverde de Amusco para recuperar los nombres vernáculos de las partes del cuerpo.

## El sabio de la Tierra de Campos

Me voy a detener un momento en Juan Valverde de Amusco porque es un gran desconocido en su propia patria, lo que me parece de todo punto lamentable porque se trata de una de las mayores glorias científicas hispanas. Este médico nació en el pequeño pueblo de Amusco, actualmente provincia de Palencia, en la comarca castellanoleonesa de la Tierra de Campos.

Muchos médicos y cirujanos de los siglos XVI, XVII y hasta del XVIII, fueran de la nación que fueran, llevaban en el maletín su libro de anatomía, muy apreciado también por las bellas láminas que ilustran el texto. Los dibujos se atribuyen nada menos que a Gaspar Becerra, un gran artista del Renacimiento español que se formó en Roma y fue admirador del gran Miguel Ángel. La ilustración más conocida del libro de Amusco es un hombre *despellejado*, que sostiene con la mano derecha su propia piel y con la izquierda el cuchillo utilizado para la tarea. La finalidad del dibujo es que se vean todos los músculos del cuerpo humano, lo que consigue con gran limpieza y precisión. Pero además esta imagen recuerda la de San Bartolomé en el fresco del *Juicio final* de la Capilla Sixtina porque el santo también sostiene su propia piel y el cuchillo, aunque con las manos cambiadas. De Gaspar Becerra se conservan en el museo del Prado y en la Biblioteca Nacional dibujos del juicio final que son copia directa de los bocetos que iba haciendo Miguel Ángel antes de pintar el fresco.

La sensibilidad renacentista del artista que hizo las ilustraciones del libro de Amusco se manifiesta también en una lámina de una *mujer preñada* con el vientre abierto que adopta la postura de una venus púdica.

Las planchas de cobre de los grabados de la *Historia de la composición del cuerpo humano* fueron realizadas por el francés Nicolas Béatrizet, que también reprodujo el *Juicio final* de la Capilla Sixtina en diez planchas. Como las partes consideradas más *irreverentes* (o sea, el sexo) de los cuerpos desnudos del fresco del *Juicio final* fueron picadas y destruidas por Daniele da Volterra para luego pintar unas telas encima, estos grabados de Béatrizet son la única reproducción que tenemos del *Juicio final* tal y como lo dejó Miguel Ángel.

Lo que quiero decir, en resumen, es que las estampas de los estudios anatómicos del libro de Valverde de Amusco son, además de muy rigurosas científicamente, obras de arte renacentistas. El libro de Amusco es, en resumen, una maravilla del *cinquecento*.

## El astrágalo

El talón deja una impresión muy profunda en el suelo blando y húmedo de la playa, porque hay un momento en el que todo el peso del cuerpo se transmite al suelo por él. Sobre el calcáneo, en íntimo contacto, se encuentra el astrágalo, con el que a su vez se articula la tibia por arriba. Así que el peso del cuerpo se transmite al calcáneo a través de la tibia y el astrágalo. Bernardino Montaña de Monserrate se refiere al astrágalo simplemente como primer hueso del pie. Valverde de Amusco, en su libro, se extiende más en el vocabulario anatómico porque siempre cita la palabra latina y a veces la griega: «Es pues de saber que el primer hueso del pie llamaron los griegos *astragalus*, los latinos *talus*, que quiere decir el tobillo».

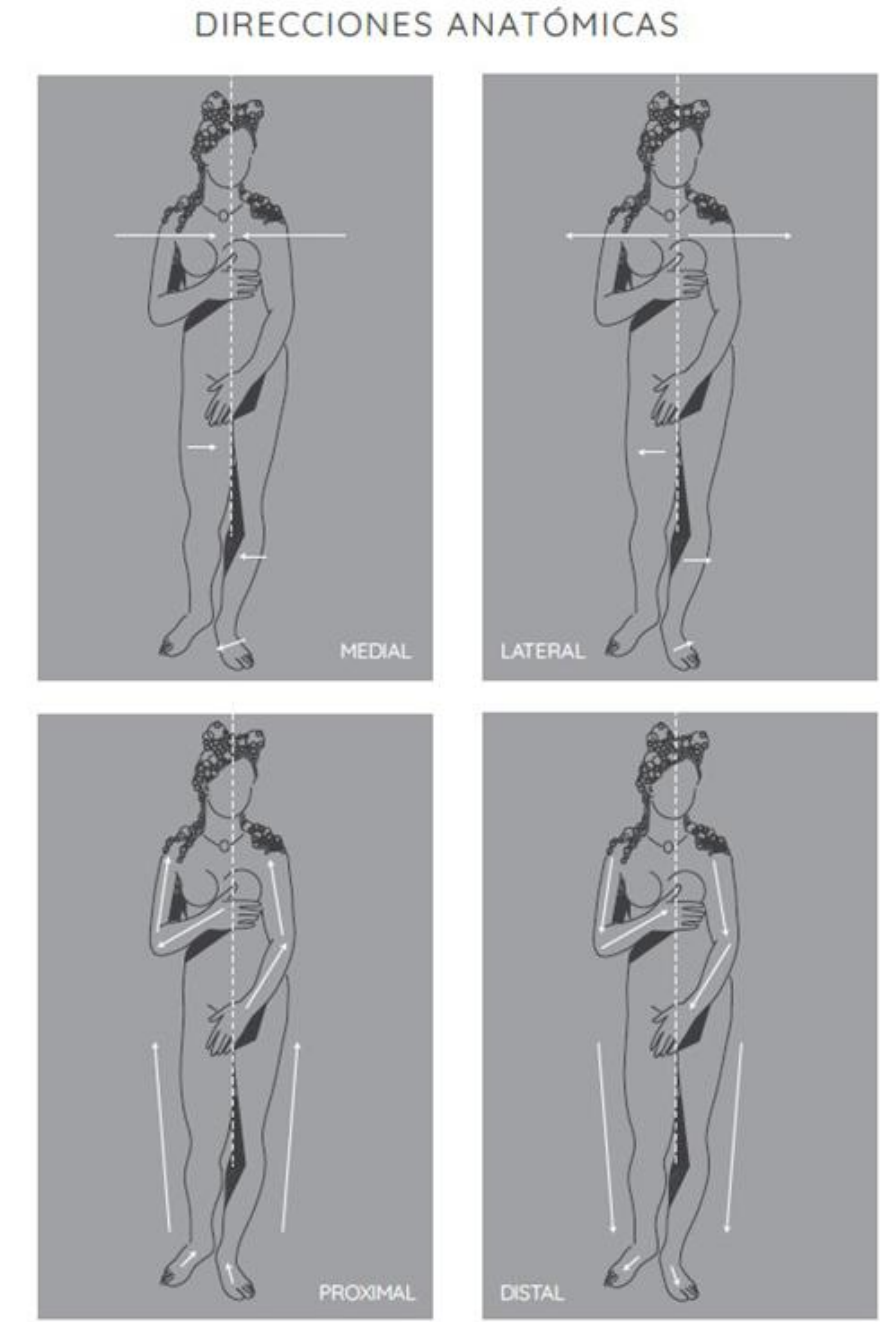
El astrágalo es el mismo hueso que en los corderos llamamos taba, con la que jugaban los niños españoles todavía en mi infancia. Lo venían haciendo por lo menos desde el tiempo de los romanos, si no me equivoco. El astrágalo es un hueso muy útil en paleontología y arqueología porque es diferente en un bóvido (como el cordero o la vaca), en un caballo y en un ser humano.

Una de las características distintivas del pie humano es la bóveda plantar. Ni los chimpancés ni ningún otro primate tienen nada parecido a una cavidad plantar. Sus pies son planos. He hablado ya del pilar posterior del arco, el talón, y ahora nos falta indicar cuál es el pilar anterior, que en inglés se llama «bola del pie» (*the ball of the*

*foot*), y en español «almohadilla del pie».

## Necesitamos palabras para orientarnos

Pero antes déjeme que abra un pequeño paréntesis para explicarle que cuando en anatomía comparada hablamos de las extremidades utilizamos los términos «proximal» y «distal» para referirnos a la parte más cercana y a la más alejada del tronco. Y decimos «medial» y «lateral» cuando hablamos de la parte que está más cerca y de la que está más lejos del plano medio del cuerpo (figura *Direcciones anatómicas*).




Estos términos valen para las extremidades de todos los vertebrados, sea cual sea la postura que adopten y su tipo de locomoción. Los necesitamos si queremos comparar a un ser humano, que tiene una postura vertical, con un cuadrúpedo.

Cuando nos referimos al tronco, en cambio, distinguimos entre craneal, es decir, cerca del cráneo, o caudal, o sea, en dirección a la cola (o al cóccix en nuestro caso).

Y también usamos los términos «ventral» y «dorsal» para el tronco, pero no para las manos, donde decimos «palmar» y «dorsal», ni tampoco para los pies, donde se distingue entre «plantar» y «dorsal».

## Cortar una salchicha en lonchas

Para el tronco utilizamos en la descripción anatómica tres planos de referencia, que son perpendiculares entre sí. Uno es el transversal, que es fácil de entender. En realidad hay muchos planos transversales, tantos como cortes imaginarios queramos darle al tronco, como si fuera una salchicha. Cada uno de ellos lo divide en una parte craneal y otra caudal. Como los humanos somos los únicos animales verdaderamente bípedos, solo en nuestro caso podemos llamar plano horizontal a un plano transversal.

O sea, nuestro tronco es una salchicha vertical y el tronco de los cuadrúpedos una salchicha horizontal. Por eso hablamos del cilindro corporal en paleontología humana, y en este libro se discutirá cuándo este cilindro se estrechó en nuestra evolución. Algunos defienden que con el *Homo erectus*, pero yo sostengo que no ocurrió hasta la llegada del *Homo sapiens*. Un cilindro corporal estrecho hace más eficiente la locomoción bípeda, y recuerde lo que dije a propósito de la dificultad de perder peso haciendo ejercicio, pero tiene el inconveniente de que el parto se vuelve todavía más difícil.

## Un espejo en el medio del cuerpo

El plano medio divide el cuerpo en dos mitades simétricas, la derecha y la izquierda. Cada una de las dos mitades es como una imagen especular (de espejo) de la otra mitad. El plano medio se llama también plano sagital.

Me temo que tendrá que aprenderse esta palabra técnica porque la vamos a usar. Hay en el cráneo una sutura entre los dos huesos parietales, en todo lo alto de la bóveda, llamada precisamente sutura

sagital.

## Nuestro pecho es plano

Y para terminar, cualquier plano perpendicular al plano sagital y al plano transversal se llama plano frontal. En antropología, en particular, al plano frontal se le llama plano coronal por la sutura que hay en el cráneo entre el hueso frontal y los dos huesos parietales, pero yo no usaré aquí ese término.

Los planos frontales dividen el cuerpo en dos mitades: la dorsal y la ventral. Aunque se encuentren en la espalda, nuestros omóplatos están en un plano frontal, porque es más o menos paralelo al de la frente o al del pecho. Pero solo es así en los humanos y en los simios, porque en los demás primates —como en los cuadrúpedos en general — los omóplatos son sagitales, ya que se encuentran a los lados del cuerpo, paralelos al plano medio. En otras palabras, los simios y los humanos tenemos el tórax comprimido de delante atrás, mientras que los demás primates y el resto de los mamíferos lo tienen comprimido de lado a lado. Mírese al espejo y verá cómo su pecho es plano. A eso me quiero referir.

## Los músculos no piensan

Todo en la mecánica del cuerpo depende de las orientaciones de las palancas óseas, porque las cuerdas que tiran de ellas, como representaba a los músculos Leonardo da Vinci, producirán diferentes resultados según se dispongan los huesos y las articulaciones. Leonardo era un gran ingeniero además de un enorme artista y las leyes de la mecánica las conocía muy bien.

Aunque nuestro Valverde de Amusco hablaba de los *oficios* de los músculos para explicar su función, los músculos no tienen por sí mismos ninguna función asignada. Se limitan a contraerse cuando reciben un estímulo nervioso. Los músculos no piensan, obedecen a las leyes de la física. El movimiento que producen depende solo de su línea de acción, que está determinada por dos puntos: el origen del músculo en un hueso y su inserción en otro hueso. Entre medias hay

una articulación o dos.

Existe una excepción, y son los músculos de la expresión facial, que van de los huesos de la cara a la piel, no a otros huesos. Gracias a ellos nos comunicamos por medio de gestos. En la actualidad esos gestos son los emoticonos. Cuando se trata de transmitir un estado de ánimo una imagen de la cara vale por muchas palabras.

Irá entendiendo todos estos conceptos conforme vayamos examinando el aparato locomotor. No se preocupe porque todo se aclarará poco a poco.

## ¡Tócate los pies!

Ya conocemos dos huesos del tarso, uno encima de otro, que son el astrágalo y el calcáneo. Estos dos huesos son los más posteriores (proximales, técnicamente) del tarso, pero hay cinco huesos más en el tarso, que se sitúan por delante del astrágalo y del calcáneo. Se dice de ellos que forman el tarso anterior o, técnicamente, tarso distal. Los nombres de estos cinco huesos son fáciles de recordar porque hacen alusión a su forma. Tres se parecen a una cuña, y se llaman cuñas o cuneiformes. Hay además un hueso que tiene forma cúbica, y se llama cuboides. El quinto hueso está colocado por detrás de las cuñas y recuerda vagamente a una nave, por lo que se llama navicular (y también escafoides).

Por delante del tarso está el metatarso, formado por los metatarsianos. Los metatarsianos son huesos alargados y hay uno por cada dedo del pie, pero no están separados (o libres) como los dedos, sino que forman la mayor parte del empeine, en el dorso del pie. El empeine completo llegaría hasta la tibia, e incluye también a los huesos del tarso. Cuando se juega al fútbol se chuta con el empeine si se quiere pegarle fuerte a la pelota y que vaya recta; para darle efecto se usa el interior del pie. Amusco lo llama «peine» y se refiere solo a los cinco metatarsianos. Si pone un poco de interés podrá tocar los metatarsianos uno por uno. Verá que el metatarsiano del dedo gordo es muy grueso.

## Le propongo un juego

Así pues, el pie puede dividirse en tres regiones:

1. La región del tarso posterior (formado por el calcáneo y el astrágalo) o **retropié**.
2. La región del tarso anterior (cuñas, cuboides y navicular), llamada **mediopié**.
3. La región que forman los metatarsianos junto con los dedos, que se llama **antepié**.

LA PLANTA

Las cabezas de todos los metatarsianos pueden palparse sin dificultad en la planta del pie, y procede hacerlo ahora, ya que estamos descalzos. Facilitamos la tarea si hacemos una presa completa de los dedos de los pies y los doblamos hacia arriba realizando una flexión dorsal (una dorsiflexión). También podemos hacer la presa dedo a dedo para tocar las cabezas de los metatarsianos individualmente. Todas las cabezas juntas forman lo que los ingleses y americanos llaman «la bola del pie», pero también «las bolas del pie». En español se usa «almohadilla del pie» o «almohadillas del pie» con idéntico significado.

Si ejecutamos el ejercicio contrario, es decir, doblar los dedos (juntos o por separado) hacia abajo, realizaremos una flexión plantar que nos permitirá identificar las cabezas de los metatarsos en el dorso del pie, allí donde termina el empeine y empiezan los dedos.

Cuando se utilizan zapatos con tacones muy altos todo el peso del cuerpo descansa sobre las cabezas de los metatarsianos, es decir, sobre «las bolas del pie» o «las almohadillas», y se puede producir una metatarsalgia, o dolor en esa región de la planta del pie. Los corredores habituales también la pueden padecer porque absorbe muchos impactos.

Para terminar, un juego. En las figuras *Estos pies son para caminar* y *La planta* Susana Cid ha escogido una perspectiva poco habitual, la de mirar los pies desde abajo, por la planta. Como nosotros nos miramos nuestros propios pies desde arriba, es decir por el empeine, todo es distinto. Por eso le voy a poner un pequeño test. ¿Cuál es el pie derecho y cuál es el pie izquierdo en estos dos pares de pies? Mírese el pie y compare con las ilustraciones. Identifique los huesos, y láncese a contestar.

## ¡Una bóveda en un pie!

Lo que distingue el pie humano del de cualquier animal es que tiene una bóveda. Se puede decir que la bóveda del pie es rígida en el sentido de que no se deforma ni se hunde con el peso del cuerpo (y puede soportar muchos kilos) pero también tiene cierta elasticidad. Por eso es útil tanto para adaptarse a las irregularidades del terreno como para amortiguar el peso. No es una bóveda rígida como las arquitectónicas de piedra, sino que está formada por un conjunto de huesos, cartílagos, ligamentos y músculos que le confieren sus propiedades de consistencia y flexibilidad.

Para entender la bóveda del pie humano lo mejor es descomponerla en tres arcos. Dos arcos siguen la dirección del pie (son arcos longitudinales) y el tercer arco es transversal.

Empecemos por los arcos longitudinales, que están a lo largo del pie. Uno es interno (o medial) y otro es externo (o lateral). Si ahora recorre despacio con la mano el arco interno notará un saliente que se encuentra en lo más alto. Es imposible que se le escape. Lo que está

tocando es la tuberosidad del hueso navicular.

Solo tiene que tocarse el borde externo del pie cerca del talón para notar un saliente (una apófisis o tuberosidad, por decirlo más propiamente). Corresponde a la base del quinto metatarsiano, el del dedo pequeño. Ahora, siguiendo hacia la punta del pie, podemos recorrer el quinto metatarsiano en toda su longitud, desde la base hasta la cabeza.

Como puede ver, los dos arcos longitudinales tienen su pilar posterior en el calcáneo, y el pilar anterior en la cabeza de un metatarsiano, sea el del dedo gordo (en el arco interno) o el del dedo pequeño (en el arco externo).

Ahora bien, el arco interno es mucho más alto que el externo, por lo que la bóveda plantar es en realidad una media cúpula. Cuando se ponen juntos (pegados por sus bordes internos) los dos pies, tenemos una cúpula completa. Véalo usted mismo. El arco interno nunca se apoya, pero el arco lateral, al ser más bajo, contacta con el suelo a través de los tejidos blandos de la planta del pie, y por eso se marca en la huella cuando se camina sobre un suelo blando. El que no se marca en la huella es el arco interno. Le recomiendo que lo compruebe en la arena de la playa.

El quinto metatarsiano y su tuberosidad, y el navicular con la suya, son dos referencias muy importantes para nuestro estudio del pie. Si las localizamos bien (y le pido que lo vuelva a hacer ahora) tenemos dominada la arquitectura de la bóveda plantar y podemos entender todo lo que viene a continuación. Por eso me he detenido en estos dos huesos en particular. Las otras referencias externas son fáciles: el calcáneo, el empeine (los metatarsianos especialmente) y los dedos.

## Un sencillo experimento con un billete de banco

La importancia del arco transversal se la voy a explicar ahora mismo con un experimento de física recreativa que no requiere laboratorio. Sujete un billete de banco por un extremo haciendo pinza con dos dedos, manténgalo plano y deposite un objeto en el otro extremo, una moneda por ejemplo. Verá que a poco que pese el billete se doblará y el objeto caerá al suelo. Ahora abarquille el billete a lo largo,

comprimiéndolo por los lados con los dos dedos, como si fuera una teja invertida. Comprobará que soporta mucho más peso, aunque el billete de banco sigue siendo el mismo en grosor y en elasticidad. La razón es que una lámina adquiere mucha más rigidez al curvarla transversalmente (de lado a lado). Ahora ya podemos entender por qué existe en los pies humanos una curvatura transversal. Es una adaptación para darle rigidez a la bóveda plantar,[1] que va —recuerde— desde el pilar posterior (el talón) al pilar anterior («la bola del pie»).

Los chimpancés y demás simios tienen la planta del pie plana, en cambio, y totalmente flexible, deformable, no rígida; no tienen un amortiguador plantar ni lo necesitan, porque no son bípedos. Tampoco se pueden poner de puntillas, como veremos pronto.

## Un arco y su cuerda

En el pie hay dos tipos de músculos: los que vienen de la pierna, es decir, desde fuera del pie, y los que son propios del pie, llamados músculos intrínsecos. Los músculos intrínsecos del pie pueden ser plantares y dorsales. Los dorsales son extensores de los dedos (tiran de ellos hacia arriba) y hay dos: el que tira del dedo gordo (m. **extensor corto del dedo gordo**) y el que tira de los otros cuatro dedos del pie (m. **extensor corto de los dedos segundo a quinto**). Los músculos equivalentes que vienen de la pierna se llaman igual, solo que en vez de «m. extensor corto», se dice «m. extensor largo»; sus tendones son los que tanto destacan en el dorso del pie, pero ya llegaremos a ellos en un capítulo posterior. «Extensión», por cierto, significa lo mismo que «flexión dorsal».

No entraré en detalles respecto de los músculos cortos de la planta del pie. Pero hay uno que no quiero dejar en el olvido porque contribuye a mantener la estabilidad de la bóveda plantar, de la que acabo de hablar. Se llama m. **abductor del dedo gordo**. Se origina en el talón (o sea, en el calcáneo) y se adhiere a la falange basal del dedo gordo. Este músculo, además de su trabajo ancestral de separar el dedo gordo de los otros dedos, en nuestra especie refuerza el arco interno del pie.

En la planta del pie hay también ligamentos muy importantes

para esa función de mantenimiento de la bóveda plantar. De este aparato ligamentoso merece la pena destacar el elemento más superficial, y también el más conocido, que es la aponeurosis o fascia plantar, una banda de tejido conjuntivo que va de un pilar a otro de la bóveda: del calcáneo a las cabezas de los metatarsianos, del talón a la «bola del pie». Sus fibras longitudinales rígidas actúan como la cuerda de un arco a la hora de mantener la tensión de la bóveda plantar. Este mecanismo *arco-cuerda* es el que permite que el pie humano funcione como un amortiguador, es decir, como un muelle.

La fascitis plantar es una inflamación de la fascia que produce dolor en la zona del talón y tiene a menudo relación con un calzado inapropiado. Seguro que ha oído hablar de ella o la ha padecido.

## Juanete y juanetillo

Y hablando de dolor en el pie, me imagino que se estará preguntando dónde encaja en la anatomía del pie el doloroso juanete, técnicamente llamado *hallux valgus*, sobre todo si lo padece. Por cierto, *hallux* es como se dice en latín dedo gordo y *pollex* el dedo pulgar. El problema del juanete consiste en que el primer metatarsiano se desvía y deja de estar alineado con el dedo gordo, formando la articulación un ángulo donde se sitúa la inflamación que causa el dolor.

En la articulación del dedo pequeño puede producirse una patología parecida, con su correspondiente hinchazón dolorosa, que se conoce como juanetillo o juanete de sastre, supuestamente porque los sastres de la Antigüedad lo padecían, tal vez porque se pasaban el día sentados en el suelo, cruzaban los pies y apoyaban la cabeza del quinto metatarsiano. Pruebe también a hacerlo y comprobará al instante como los cantos de los dos pies se apoyan en la cabeza del quinto metatarsiano. Volveremos a hablar de la postura del sastre cuando nos refiramos a un músculo muy importante del muslo que se llama sartorio. En latín, *sartor* significa «sastre».

Esa es la filosofía de este libro, estudiar el cuerpo humano como si fuera un documento que puede ser leído, porque ese documento nos cuenta la historia de los vertebrados, que tiene más de quinientos millones de años. Por lo tanto, usted mismo es un tratado de evolución. Y me gusta imaginarme a mis lectores con el libro sobre la

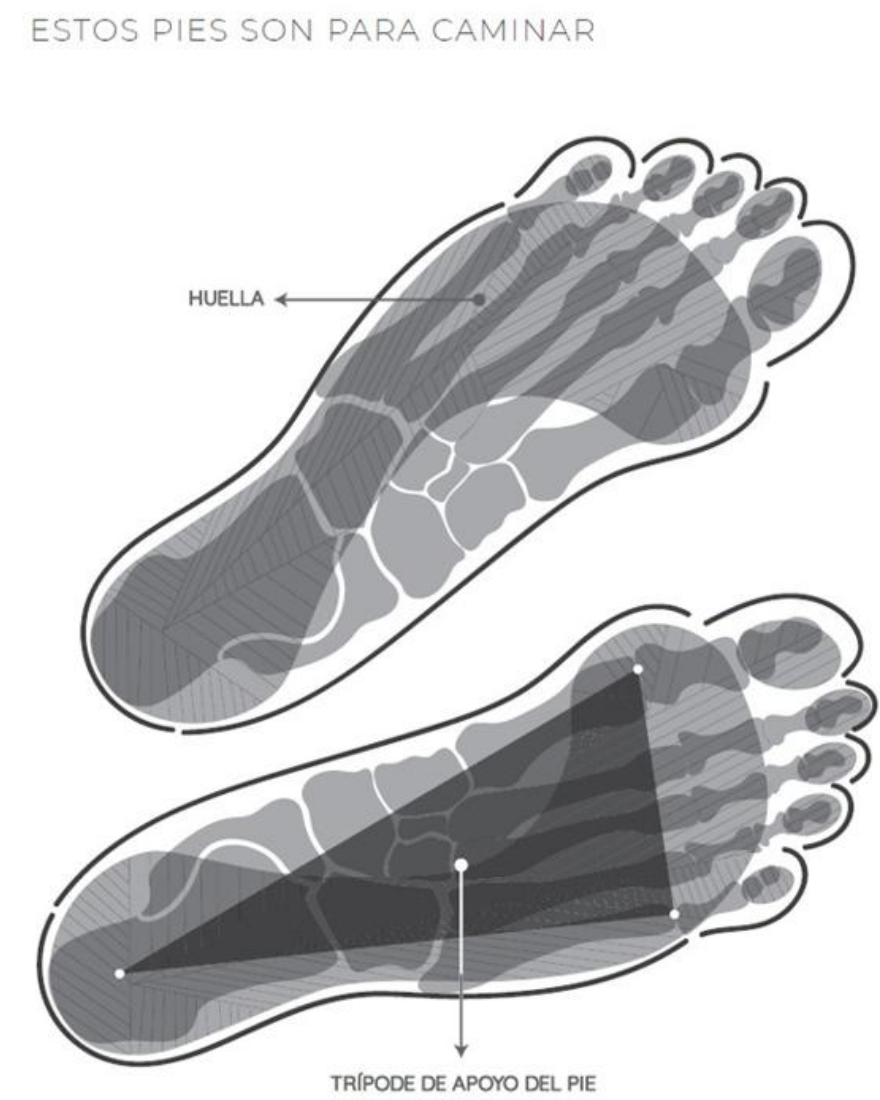
mesa y tocándose el cuerpo para palpar (aún me gusta más la palabra «explorar») todo lo que se cuenta en el texto, y ojalá para compartirlo con otra persona. También me gustaría que el profesor se lo pidiera a sus alumnos, sean de párvulos o universitarios. Los españoles somos tímidos o más bien demasiado dignos y nos cuesta hacerlo en público, pero yo no veo nada vergonzoso o indecoroso en averiguar dónde se encuentra la cabeza del quinto metatarsiano. Este texto se acompaña de las originales ilustraciones de Susana Cid para facilitar la tarea y para disfrutar de ellas, y siempre podemos buscar otras imágenes en internet, pero no debe olvidar que la mejor ilustración es el propio cuerpo humano, empezando por el suyo.

## De puntillas

Hay que volver ahora a la anatomía. Ya hemos hablado de los arcos externo (o lateral) e interno (o medial) de la bóveda del pie y del arco transversal. En realidad hay solo tres puntos de apoyo de los huesos de un pie en reposo, que forman un triángulo: la base del calcáneo (la tuberosidad) y las cabezas de los metatarsianos de los dedos gordo y pequeño (el primero y el quinto), aunque los tejidos blandos hacen que la superficie de apoyo en «la bola del pie» sea más amplia, como se ve en la huella, donde también se marca el borde externo del pie, correspondiente al arco lateral de la bóveda plantar. Todo esto tiene que comprobarlo usted mismo. El método de Descartes consistía en la duda metódica, en no creerse nada, en comprobarlo todo, y así es como se ha construido la ciencia moderna. A base de escepticismo. No hay dogmas en ciencias, solo teorías. Los dogmas son inmutables, las teorías pueden perfeccionarse, o incluso echarse abajo completamente. La debilidad del dogmatismo es su aparente solidez, la fuerza de la ciencia es su provisionalidad.

Siguiendo con la locomoción, una vez que el pilar anterior (formado por las cabezas de los metatarsianos: «la bola del pie») está bien asentado viene la flexión dorsal o extensión de los dedos del pie, que se produce cuando el talón se levanta del suelo y el pie *rueda* sobre los dedos antes de despegarse del suelo. El mecanismo de esta articulación entre los huesos del empeine y los dedos se puede comparar con un torno.

Recordemos que la dorsiflexión consiste en aproximar los dedos al dorso del pie (llevar los dedos hacia atrás). O lo que es lo mismo, en aproximar el dorso del pie a los dedos (llevar el empeine hacia delante); eso es lo que ocurre cuando se levanta el talón del suelo. Recordemos también que la flexión dorsal es el movimiento contrario al de la flexión plantar (que es cuando los dedos se «doblan» hacia la planta del pie).




Esta flexión dorsal extrema, esta hiperdorsiflexión, solo la

podemos hacer los seres humanos, y no los simios (grandes o pequeños), ni los monos, porque para ponerse de puntillas hace falta que la bóveda plantar mantenga su rigidez cuando el empeine se pone vertical. Pruebe a doblar un pie manteniendo los dedos apoyados en el suelo y levantando el talón al máximo y verá que puede conseguir una flexión dorsal de 90°. Por lo tanto, será importante que miremos este detalle en los fósiles para saber cómo era su marcha.

Una persona a la que le falten todos los dedos de los dos pies puede caminar, sin duda, pero no tan bien como si los tuviera. Pruebe a dar zancadas sin flexionar los dedos. O mejor todavía, con zuecos; mucha gente se mueve bien con ellos, pero no con la misma rapidez que con un calzado de suela flexible que permita la dorsiflexión. En otras palabras, se puede andar con zuecos, pero no recorrer muchos kilómetros diarios. Y la postura humana es para caminar largas distancias.

El dedo gordo no es más grueso por casualidad, sino por la importancia que tiene en la locomoción bípeda, que significa literalmente «(sobre) los dos pies». Al dedo gordo le corresponde dar el empujón definitivo al pie, que sale despedido hacia delante mientras el talón del otro pie contacta con el suelo (solo cuando corremos pueden estar los dos pies en el aire). Los otros dedos sirven para dar estabilidad al pie y para que no resbale mientras el dedo gordo da el impulso final (figura *El impulso final del pie*).

Así que se puede decir que dar un paso consiste en transmitir el peso del cuerpo a través de la bóveda hasta el dedo gordo del pie. Para eso los arcos a lo largo y a lo ancho de la planta tienen que mantener una cierta estabilidad (rigidez) y el dedo gordo tiene que ser fuerte y alinearse con los otros dedos, y ninguna de las dos condiciones se da en el pie de un simio, que no puede dar pasos como los nuestros.

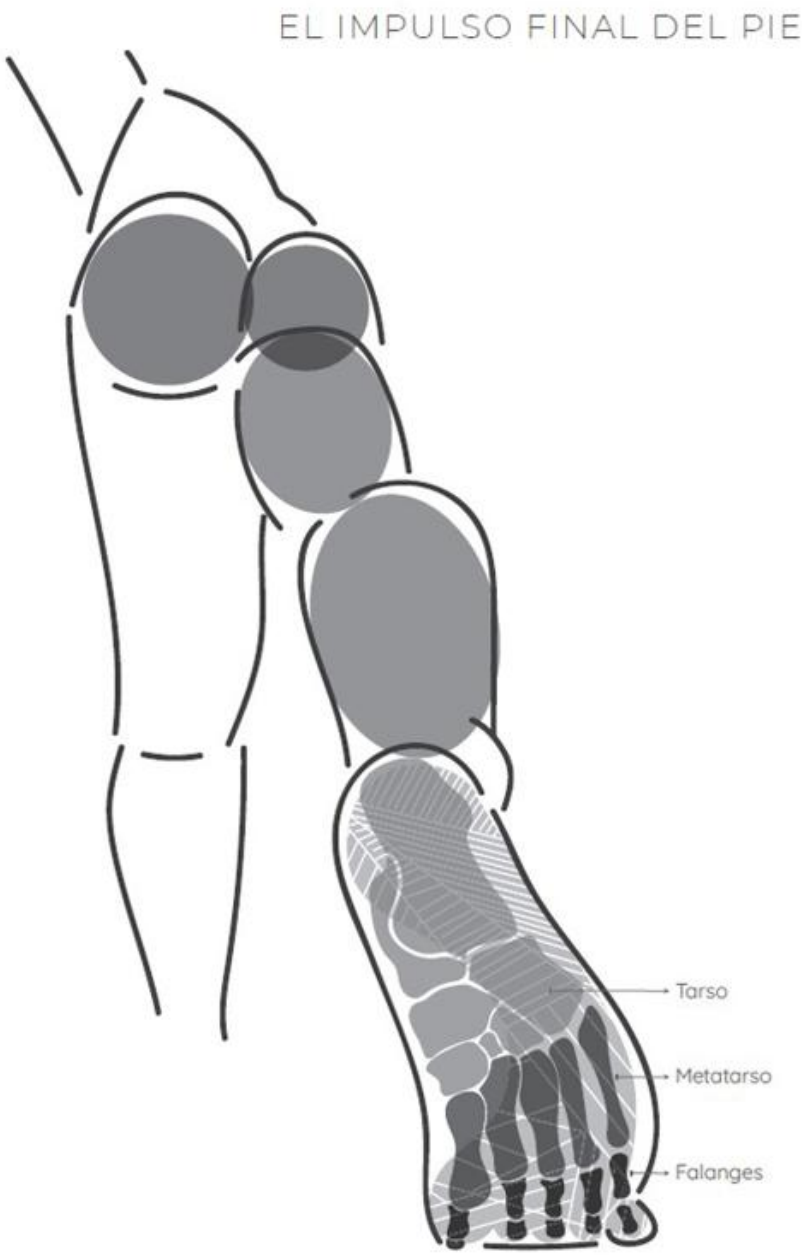
La pierna, que queda ahora en el aire, realiza un movimiento pendular, que no requiere más esfuerzo que frenarlo (desacelerarlo) al final del viaje, cuando le toca ser de nuevo el pilar que sostiene el cuerpo a partir del momento en el que el talón se clava en el suelo.

Andar no es una cosa fácil desde el punto de vista biomecánico, aunque lo tengamos tan *mecanizado* que la máquina funciona sola.

Pero si quiere ver una expresión artística de lo que le estoy contando debe acudir, una vez más, al museo del Prado. Allí encontrará una estatua espléndida del dios Hipno que es una copia romana de la época del emperador Adriano de un original helenístico del siglo II antes de Cristo.

En la escultura del Prado el dios Hipno camina deprisa, con el tronco inclinado hacia delante, la zancada muy larga y el pie derecho retrasado, casi levantado del suelo, en el que solo apoya ya los dedos doblados (en extensión o flexión dorsal). Está a punto de dar el impulso final con el dedo gordo y empezar la fase de balanceo de la pierna derecha, en la siguiente zancada.

Aunque no las conserva en su integridad, la estatua tenía dos alas en la cabeza, como Mercurio. Sabemos por otras esculturas de Hipno que el brazo derecho, estirado horizontalmente, terminaba en un cuerno que derramaba gotas del líquido que adormece. La mano izquierda, al final de un brazo algo flexionado, portaba la planta adormidera, que se utilizaba en el mundo antiguo para fabricar esas gotas.




Así es como pasa el dios Hipno (en latín Somnus). Deprisa, deprisa, durmiendo con rápidas zancadas a los seres humanos, haciendo pesados sus párpados. Tiene mucho trabajo y debe andar rápido.

Pero no todos caen dormidos en un instante cuando pasa el dios griego. Los que no consiguen conciliar el sueño se ven obligados a

recurrir a la versión moderna del dios Hipno y su equivalente romano, el dios Somnus, es decir, a los hipnóticos o somníferos. Claro que el dios Hipno tampoco hacía milagros, sino que se valía de una planta muy utilizada desde la Antigüedad: la adormidera o amapola real, que lleva un nombre científico muy apropiado: *Papaver somniferum*.

## Correr de puntillas

Hemos hablado hasta ahora de andar, pero correr es otra cosa. Como es posible que usted sea un lector deportista no puedo pasar por alto un debate candente entre los especialistas sobre la forma más conveniente de correr para hacer mejores marcas en las competiciones y para castigar menos al cuerpo. Las posibilidades son tres, y se corresponden aproximadamente con las tres divisiones anatómicas del pie que ya conocemos: antepié, mediopié y retropié.

Veamos:

1. Apoyar primero el talón y luego el resto del pie, como al andar, es decir golpear el suelo con la parte posterior del pie. En esta postura la punta del pie queda hacia arriba. Es decir, caer sobre el retropié, *talonear*.
2. Apoyar primero «la bola del pie» y los dedos, es decir, la parte anterior del pie, quedando el talón en el aire. Es lo que se está popularizando ahora como *tiptoe running* o correr sobre la punta de los pies. Se trata, por lo tanto, de caer sobre el antepié, como hacen los velocistas. Mire en internet una carrera olímpica de cien o de doscientos metros lisos a cámara lenta y lo comprobará.
3. Apoyar a la vez los dos pilares de la planta del pie: el talón y «la bola»; es decir, tocar el suelo con el pie en posición horizontal. A eso se llama en biomecánica del deporte apoyo de mediopié.

Hay además defensores, cada vez más, de no usar zapatos porque sin duda es la forma ancestral de andar y de correr. Lo que pasa es que muchos de nosotros llevamos demasiado tiempo calzados para prescindir ahora de los zapatos. Lo ideal sería usar zapatos de suela

fina y flexible, sin tacón alto, ni suela acolchada ni soporte para la bóveda del pie. Es importante no perder sensaciones en la planta del pie para una buena transmisión del peso. De lo perjudiciales que son los zapatos de tacón alto no hace falta que diga nada porque ya se lo dice su cuerpo.

Se han hecho estudios entre personas que nunca han utilizado zapatos para ver cuál de las tres formas de apoyar el pie es la que usan en la carrera y ha resultado que sobre todo apoyan la parte anterior del pie (apoyo de antepié). En ocasiones pisan con el pie horizontal (apoyo de mediopié), pero casi nunca con el talón (apoyo de retropié).[2]

Sin embargo, como el tacón de las zapatillas de correr es grueso y elástico y está preparado para que absorba el tremendo golpe que damos contra el suelo, ¡que supera nuestro propio peso!, nos hemos acostumbrado a apoyar primero el talón.

La verdad es que no me he fijado en cómo apoyo yo mismo el pie al correr, y lo voy a hacer.

Los primates. Relaciones evolutivas.
Ilustración de Susana Cid en *Vida, la gran historia*, de Juan Luis Arsuaga.

# LA CUESTIÓN ES DAR ZANCADAS

*Pruebe a andar con las rodillas flexionadas, como hacía Groucho Marx en las películas. No solo tiene ahora las rodillas flexionadas, sino que también la cadera está flexionada. Desde luego es una forma de andar que cuesta más esfuerzo que la locomoción normal con el tronco y las piernas rectas, es decir, con las articulaciones extendidas de la cadera y de la rodilla. Así, flexionados doblemente a lo Groucho Marx, es como progresan los chimpancés cuando se ponen a dos patas, y se entiende por qué ni los chimpancés ni los humanos andamos así: es muy caro en términos de gasto energético. Los chimpancés andan a cuatro patas, y nosotros sobre nuestras piernas. Pero hay algo más que observar en la locomoción de los chimpancés. En realidad, cuando los chimpancés se mueven a dos patas el movimiento de sus piernas es igual que cuando se mueven a cuatro patas. Y cuando los chimpancés trepan por un árbol el movimiento de las piernas sigue siendo el mismo.*

## Cuadrúpedos y bípedos, altos y bajos, anchos y estrechos, de cabeza pequeña y cabeza grande

Como este libro no trata de la evolución humana, sino de la anatomía humana actual, o sea, de la suya (aunque eso sí, a luz de la evolución), no voy a hacer un recorrido pormenorizado por toda nuestra filogenia desde el momento en que nuestro linaje se separó de la estirpe de los chimpancés y bonobos. Es decir, desde la Gran Bifurcación o, si lo prefiere, la Gran Horquilla de nuestro árbol genealógico.

Pero como desfilarán numerosas especies fósiles por estas páginas voy a intentar presentar a los principales personajes de la saga humana de la manera más resumida de la que sea capaz.

Los protagonistas de este drama pueden dividirse de varias formas. Los hay arbóreos, que se pasaban la mayor parte del tiempo en las inestables ramas de los árboles, y los hay terrestres, que pisaban

la tierra firme, aunque no se hubieran olvidado de trepar (nosotros mismos aún podemos hacerlo).

Los hay permanentemente bípedos (bípedos obligados, se dice) y los hay que solo se ponían de pie ocasionalmente («bípedos facultativos» en traducción literal del inglés; tal vez debería decir «bípedos opcionales» en español).

Los hay bajos, más o menos de la talla de un chimpancé, y los hay altos, tan altos como una persona actual. En realidad, sería más propio decir que los hay normales y los hay gigantes, porque en comparación con un chimpancé los humanos somos enormes.

Los hay anchos de cadera y de tronco (todas las especies menos una) y los hay estrechos (la especie humana actual).

Los hay con un cerebro poco mayor que el del chimpancé, y los hay que multiplican por cuatro el cerebro del chimpancé.

Y ahora vamos con todos ellos.

La Gran Bifurcación se produjo hace entre seis y siete millones de años, y ocurrió en África. He subtitulado este libro «Siete millones de años de evolución» porque seguramente en esa fecha vivió el último antepasado común de los chimpancés y los humanos actuales, o quizás ya el primero de nuestros antepasados. Y los dos nos interesan para entender nuestro cuerpo.

Tenemos muy poca información acerca de los primeros homininos, pero sabemos que vivían en la selva húmeda, que entonces tenía mucha más extensión que ahora porque el clima del planeta era más cálido y lluvioso.

A estos primeros homininos vamos a llamarlos en su conjunto ardipitecos, porque la especie mejor representada en el registro fósil es *Ardipithecus ramidus*, que vivió hace unos cuatro millones y medio de años. Sabemos de ellos que pasaban la mayor parte del tiempo en las copas de los árboles y que no eran plenamente bípedos, ya que solo ocasionalmente bajaban al suelo y caminaban sobre sus piernas, y cuando lo hacían su marcha no era del todo firme y segura.

Hace un poco más de cuatro millones de años, aparecen los australopitecos (género *Australopithecus*), que también habitaron una gran parte de África. Con toda seguridad vivieron en el centro, en el este y en sur del continente, pero seguramente llegaron más lejos, aunque todavía no se hayan encontrado sus fósiles. Hubo varias especies, pero todas estaban cortadas por el mismo patrón, ya que

respondían a un mismo diseño biológico. Los australopitecos eran plenamente bípedos y caminaban prácticamente como nosotros lo hacemos, dando zancadas. Su ecología era más variada que la de los ardipitecos, porque explotaban el ecotono (la franja de transición) entre la sabana y la pluvisilva, viviendo un poco a caballo entre un ecosistema y otro. Los ecólogos saben que los ecotonos son muy productivos y es ahí donde la biodiversidad es máxima. Además, no hay barreras nítidas entre los diferentes tipos de ecosistemas, sino que se entremezclan. En realidad, el hábitat de los australopitecos era un mosaico ecológico hecho de parches de selva y de sabana.

La zancada de los australopitecos era corta, y su cerebro sobrepasaba algo, pero no mucho, el de los chimpancés. En cambio sus muelas eran francamente más grandes, y con el esmalte más grueso, lo que indica que necesitaban triturar el alimento, que como en el caso de los ardipitecos era casi exclusivamente vegetal. Pero había una gran diferencia: las plantas que comían los ardipitecos eran, en general, más tiernas y jugosas que las de los australopitecos y por eso sus muelas eran más pequeñas. Por muelas entiendo aquí todos los dientes que están por detrás de los caninos, que son cinco en cada lado: dos premolares y tres molares.

Hace dos millones y medio de años, siempre redondeando, empezó a producirse un cambio climático que transformó el planeta a lo largo de un periodo geológico que se llama Pleistoceno. Se instalaron hielos permanentes en el hemisferio norte, que avanzaban y retrocedían, pero la tendencia general en el Pleistoceno fue siempre hacia un clima más frío y más seco. Había fluctuaciones, pero cada periodo cálido era menos cálido que el anterior, y cada época fría era más fría que la precedente. Al mismo tiempo, la oscilación (el contraste) entre un pico frío y un pico cálido cada vez era mayor. El clima se fue dividiendo en glaciaciones y periodos interglaciares, hasta que la última glaciación se terminó hace unos doce mil años y entramos en el actual periodo geológico, que se llama Holoceno. De momento no parece que vaya a venir una glaciación, entre otras cosas porque los humanos estamos calentando el planeta de forma artificial.

Ese cambio climático que empezó hace dos millones y medio de años perjudicó a las selvas tropicales, que se fueron reduciendo en todo el planeta. Por el contrario, la sabana y el pastizal fueron ganando terreno en África. No solo cambiaron las comunidades

vegetales, sino que también lo hicieron las especies animales para adaptarse a los nuevos recursos. En resumen, los ecosistemas ya no eran los mismos que en el tiempo de los australopitecos.

En ese momento aparecieron dos nuevos tipos de homininos, sin que por ello se extinguieran todos los australopitecos, que sobrevivieron en Sudáfrica hasta hace dos millones de años. Y es que cuando aparecen nuevos diseños biológicos no tienen por qué desaparecer automáticamente los viejos. Los dos hijos del cambio climático fueron los parántropos (género *Paranthropus*) y los humanos (género *Homo*).

Los parántropos no eran diferentes de los australopitecos de cuello para abajo. Pero tenían el aparato masticador más robusto, con las muelas (premolares y molares) más grandes y con un esmalte más grueso. Todo esto indica que tenían que moler mucho el alimento, que era en gran parte duro. También los músculos que mueven la mandíbula estaban más desarrollados, y por este motivo la cara se había ensanchado. Y en lo alto del cráneo los parántropos macho tenían una cresta ósea, como pasa con los gorilas macho. Se encuentran parántropos de tres especies diferentes en el este de África y en Sudáfrica a lo largo de más de un millón de años.

Sorprendentemente, podríamos decir, una línea evolutiva de los homininos redujo progresivamente el aparato masticador y aumentó a la par el cerebro. Se trata de los humanos, las especies del género *Homo*. La primera de ellas, llamada *Homo habilis*, apareció en África, y casi no se distinguía de los australopitecos ni en la cabeza ni en el cuerpo. Pero a esta especie se le atribuyen las primeras herramientas de piedra.

Hace dos millones de años apareció un humano de piernas largas y cerebro mucho mayor, al que llamamos *Homo erectus*. En realidad, esta especie puede subdividirse en tres especies diferentes: una en África; otra en Asia oriental y en Java, y otra en Georgia, a las puertas de Europa. Quizás los primeros pobladores de Europa fueran también *Homo erectus*. Pero en este libro no entraré en esos detalles taxonómicos, muy polémicos. Lo importante es que ya tenemos a los humanos viviendo en los tres continentes del Viejo Mundo. Solo quedaban Australia y América por poblar.

¿Qué pasó con el *Homo habilis*? Se podría decir que evolucionó para convertirse en el *Homo erectus*, pero el diseño biológico que

tenían no desapareció del todo porque hasta hace relativamente poco tiempo (menos de medio millón de años) pervivieron humanos pequeños y de cerebro inferior al del *Homo erectus* en los dos extremos del Viejo Mundo: Sudáfrica (*Homo naledi*) y la lejana isla de Flores en Indonesia (*Homo floresiensis*).

Las dos especies humanas modernas somos nosotros (*Homo sapiens*) y los neandertales (*Homo neanderthalensis*). Los neandertales se originaron en Europa y nosotros en África. Califico a los neandertales de modernos porque evolucionaron en paralelo con nosotros, y porque un pequeño porcentaje de nuestros genes son herencia de los neandertales (excepto en las poblaciones del África subsahariana, que es de donde salimos para encontrarnos más tarde con los neandertales). En Asia continental existió una especie lejanamente emparentada con los neandertales, que no tiene nombre en latín porque se conoce muy bien su genoma pero apenas su anatomía. Informalmente se los llama denisovanos porque se identificaron en la cueva Denisova de Siberia. Estos misteriosos humanos también han legado sus genes a algunas poblaciones actuales asiáticas y australianas.

Es hora de volver a caminar.

## Huellas en la ceniza

Cuando caminamos por la arena mojada de una playa dejamos una huella que borrará la siguiente ola. Pero si esa huella se endurece puede quedar petrificada para siempre y convertirse en comportamiento fósil. Hay muchos rastros en el registro fósil, que estudia una rama de la paleontología que se conoce como paleoicnología. Se ocupa de todas las señales de actividad biológica. Las huellas fósiles se llaman icnitas, y las de dinosaurios son muy famosas y se pueden ver en numerosos museos al aire libre. Gracias a ellas sabemos cómo andaban y con quién iban. Es decir, no solo informan de la conducta de un individuo sino a veces también de un grupo.

Los chimpancés no dan zancadas, por lo que nada de lo referido al ciclo locomotor humano se les aplica a ellos, o a cualquier otro gran simio. De hecho, no podemos imaginarnos siquiera a un chimpancé

extendiendo la pierna y la cadera al mismo tiempo. A veces dan pasitos, con las rodillas y la cadera flexionadas, pero no es nada parecido a nuestros pasos largos. Y claro, así no pueden ir a ninguna parte. Su modo de locomoción terrestre es el cuadrúpedo, a cuatro patas, y nunca podría ser el bípedo ni aunque se lo propusieran, porque resulta una ruina desde el punto de vista de la eficiencia (gasto energético).

Los primeros homininos de los que tenemos el convencimiento de que andaban como nosotros, dando zancadas, son los australopitecos, que —recordará— aparecen en el registro fósil hace cuatro millones de años largos. Además de tener una anatomía de los huesos del aparato locomotor propia de un bípedo, las huellas dejadas por los australopitecos eran casi como las nuestras, según se puede apreciar en las icnitas que se han conservado en el yacimiento de Laetoli en Tanzania, y que se datan en algo más de tres millones y medio de años. Unas huellas imperecederas, que han llegado hasta nuestros días, las de tres australopitecos caminando por África hace mucho mucho tiempo. Al fondo, como telón de la escena, un volcán en erupción arrojaba fuego, gases y cenizas, y fue sobre esas cenizas por donde caminaron los australopitecos. Es posible que la bóveda plantar de los australopitecos no estuviera tan curvada como la nuestra, pero las diferencias no son radicales.

Los australopitecos, que se supone que son los autores del rastro, primero apoyaban fuertemente el talón (pilar posterior de la bóveda plantar) y luego transferían el peso del cuerpo a la zona de la articulación entre los metatarsianos y los dedos (el pilar anterior de la bóveda o «bola del pie» en la literatura anglosajona). Finalmente el talón se levantaba y los dedos cargaban con todo el peso, hasta que el dedo gordo propulsaba el pie hacia delante, dejando una impresión más ancha y profunda que los demás dedos.

Si quiere divertirse un rato le propongo un juego. Se ha hecho un experimento[1]en relación con las huellas de Laetoli que usted mismo pude repetir en la arena mojada de una playa, en la orilla del mar, por donde pasean los bañistas. Consiste en andar con las rodillas y las caderas flexionadas (como un chimpancé, o como Groucho Marx) y ver cómo es la huella que queda, comparada con la que se forma en el paso normal (es seguro que lo van a mirar con extrañeza los bañistas). Quizás piense que, si el pie es el mismo, la huella será igual, pero hay

una importante diferencia. Cuando se camina con las rodillas y las caderas flexionadas los dedos se hunden mucho más que el talón. Al menos eso es lo que dicen los autores del experimento, y yo lo voy a comprobar la próxima vez que vaya a la playa. En las huellas de Laetoli no se ve que se marquen más los dedos, lo que quiere decir que los homininos que produjeron esas icnitas caminaban con el miembro inferior totalmente extendido, además de tener una arquitectura del pie igual en lo esencial a la nuestra.

Pero las falanges de los pies y de las manos de los australopitecos eran todavía curvadas, formando un arco, como las de los chimpancés, en lugar de ser rectas como las de los humanos, lo que quiere decir que todavía se subían a los árboles, aunque el dedo gordo del pie ya no fuera oponible.

Se ha encontrado en Dikika (Etiopía) el esqueleto de una cría de australopiteco de unos tres años de vida que es de la misma especie que la famosa Lucy (*Australopithecus afarensis*). La pequeña Selam (que es el nombre que se le ha dado al esqueleto de Dikika) vivió hace tres millones trescientos mil años, y Lucy unos cien mil años más tarde. A pesar de ser más antigua que Lucy, a Selam se la ha llamado el «bebé de Lucy», por ser de la misma especie. Pero, como veremos en su momento, Lucy era muy joven cuando murió para tener una cría de tres años.

El estudio de los diminutos pies de Selam indica que ya andaba verticalmente como un niño pequeño actual, pero parece que el dedo gordo tenía más movilidad que el de un australopiteco adulto, por lo que podría trepar con más facilidad que su propia madre, a la que todavía seguiría muy de cerca. Seguramente, a los tres años de edad, ya estaría en el tiempo del destete.

Los australopitecos buscarían sin duda, en las copas de los árboles, frutos de los que alimentarse y refugio frente a los depredadores (especialmente las crías). Los leopardos matan y comen chimpancés si tienen la oportunidad. Si viéramos a un australopiteco como Lucy sentado en la rama de un árbol, con el tronco erguido y las piernas colgando, nos costaría distinguirlo de un chimpancé, salvo que nos fijáramos en los pies. Los del australopiteco serían como los nuestros, aunque más pequeños porque eran de talla muy inferior. Lucy medía poco más de un metro; era una hembra pequeña dentro de su especie, pero casi ningún macho pasaría del metro y medio de

estatura. Por cierto, Lucy murió muy joven, de modo que estaría embarazada de su primera cría o acabaría de dar a luz.

## Una evolución muy rápida

Antes de los australopitecos vivieron también en África los ardipitecos, como acabamos de decir, de los que tenemos un esqueleto bastante completo de hace 4,4 millones de años apodado Ardi (de la especie *Ardipithecus ramidus*). Lo descubrió en Etiopía el equipo liderado por el americano Tim White en el año 1994, y yo tuve la inmensa fortuna de formar parte de aquella expedición histórica. Los dos pies de Ardi se conservan bien y es posible reconstruir la forma, que no es la nuestra ni la de los australopitecos porque no tiene una bóveda plantar bien desarrollada, el dedo gordo es divergente (está abducido) y al no estar alineado con los otros cuatro dedos no podría dar el impulso final al pie para lanzarlo hacia delante. Por otro lado, el calcáneo era pequeño como en los chimpancés y no grande como en los humanos o en los australopitecos, que *pisamos fuerte*.

Sin embargo, los descubridores sostienen que los cuatro dedos laterales del pie de los ardipitecos se doblarían como lo hacen en el pie humano, y moverían el pie hacia delante aunque el dedo gordo no participase en el impulso. Se basan para ello en la orientación de las articulaciones de los dedos con los metatarsianos.

Además, estos investigadores interpretan que, aunque el pie de Ardi no tuviera arcos longitudinales, sí tendría alguna curvatura transversal, y por lo tanto una cierta rigidez, que como sabemos es necesaria para levantarse sobre los dedos de los pies.

En resumen, los ardipitecos apoyarían el lateral del pie al andar, como hacen los chimpancés, y no usarían el dedo gordo para impulsarse, pero flexionarían los otros dedos. Un tipo de locomoción que no existe en ninguna especie actual. No sería una marcha bípeda muy frecuente, ni podrían correr, pero les serviría para desplazarse cuando bajaran al suelo de cuando en cuando. En los árboles caminarían sobre las ramas a cuatro patas usando las manos y los pies como hacen los monos, dicen los investigadores. Esta última interpretación es sorprendente, porque todos los simios vivos se cuelgan de las ramas, en lugar de desplazarse sobre ellas a cuatro

patas.

Más aún, una falange del dedo cuarto del pie de una especie anterior de ardipiteco llamada *Ardipithecus kadabba* (de hace unos cinco millones y medio de años y también etíope) muestra, según argumentan los investigadores, las mismas señales que Ardi de realizar habitualmente dorsiflexión, que como hemos visto se asocia a la locomoción bípeda. Pero hay que dejar claro que se trata de una locomoción bípeda muy diferente de la nuestra y de la de los australopitecos. La de los ardipitecos sería «facultativa (opcional)» y la de los australopitecos «obligada», concluyen los expertos.

Una gran pregunta es la de cómo se realizó una transición tan rápida de un modo de locomoción a otro, porque la marcha plenamente bípeda que aparece ya en los australopitecos supone una reorganización radical y completa de la totalidad del esqueleto, desde los pies a la cabeza, como iremos viendo en este libro. En realidad esta misma pregunta se puede aplicar a otros mamíferos que muestran grandes adaptaciones en el cuerpo, como los cetáceos o los murciélagos, en cuya evolución se aprecia que hay una etapa inicial de cambio rápido (en tiempo geológico, se entiende, que es de cientos de miles de años o de millones de años) y luego, una vez adquiridas las adaptaciones principales, los cambios son mucho menores. De hecho, el diseño general del cuerpo de los australopitecos es mucho más parecido al de los humanos actuales que al de los ardipitecos, de los que los separa mucho menos tiempo, solo unos cientos de miles de años.

Es posible que no todos los ardipitecos se extinguieran cuando aparecieron los australopitecos, porque se han encontrado en Burtele (Etiopía) ocho huesos de la parte delantera de un pie derecho que se parece mucho al de Ardi, con el dedo gordo oponible incluso, pero que tiene un millón de años menos. Es más moderno incluso que las pisadas de Laetoli, que un pie como el de Burtele no podría producir a causa de la divergencia del dedo gordo. Pudo haber más de una especie de hominino viviendo en aquella región de África. Una de ellas no sería completamente bípeda, mientras que la otra sí lo sería. No obstante, no todos aceptan que el dedo gordo del pie de Burtele fuera oponible como el de los ardipitecos y los grandes simios.

Los chimpancés y gorilas se comportan como cuadrúpedos cuando están en el suelo, pero cuadrúpedos de un tipo muy particular y exclusivo, porque no apoyan la palma de las manos, ni tampoco los cantos de las manos cerradas en un puño (como los orangutanes), sino el dorso de las falanges intermedias de los dedos índice, corazón, anular y meñique.

Como me ha salido una frase muy larga la voy a explicar: los chimpancés y gorilas apoyan todos los dedos (doblados) menos el pulgar, que no llega al suelo. Si ahora se fija en sus dedos, mirando al dorso de la mano, verá que el pulgar tiene dos falanges y que los demás dedos tienen tres falanges. Esas tres falanges se conocen en anatomía comparada como falange proximal, falange intermedia y falange distal. La falange proximal se llama también falange basal, porque es la que forma la base del dedo, y yo he utilizado ya ese nombre cuando hablaba del pie porque me parece directo y fácil de entender. La falange distal se llama también falange ungueal, porque es la portadora de la uña (*ungis* es «uña» en latín), así que yo me referiré a ella como la falange de la uña y expresiones similares.

Pues bien: los chimpancés y gorilas, al andar en tierra, apoyan todo el dorso de la falange intermedia, no la basal ni la de la uña. No lo entenderá hasta que no lo haga usted mismo sobre la mesa. No es exactamente una locomoción sobre los nudillos, como se suele decir, pero hay que reconocer que es una expresión corta y fácil de entender y por eso la voy a utilizar; además en inglés se dice *knuckle-walking*, que significa literalmente «andar sobre los nudillos», aunque los nudillos corresponden en realidad solo a las articulaciones.

Todo el peso de un enorme gorila macho se transmite a los dedos flexionados, por lo que hace falta mucha estabilidad en las articulaciones del codo, la muñeca y los dedos.

Los chimpancés (de las dos especies que hay, el común y el bonobo) son nuestros parientes vivos más cercanos, lo que quiere decir que, con certeza, tenemos un antepasado compartido no muy lejano en el tiempo. ¿Ese antepasado se comportaría en tierra al modo de los chimpancés? ¿Andaría sobre *los nudillos*? Es decir, ¿descendemos de algo parecido a un chimpancé *en los andares*? ¿Son los chimpancés *una máquina del tiempo* que nos permite viajar hasta

nuestros primeros antepasados?

Las dos especies de gorilas a su vez comparten un antepasado con el trío que formamos los humanos con los dos chimpancés, y esa es una buena razón para pensar que los humanos tuvimos un antepasado que se desplazaba por el suelo del mismo modo que lo hacen hoy todos los grandes simios africanos: sobre *los nudillos*. Busque unas imágenes de chimpancés y gorilas en internet y pregúntese: ¿hemos andado alguna vez así?

Pero también podría ser que los gorilas y los chimpancés hubieran adoptado el mismo tipo de marcha cuadrúpeda (con cuatro dedos de las manos flexionados) de forma independiente, como si hubieran *encontrado* idéntica solución al mismo problema, el de andar por el suelo. La evolución no busca, pero encuentra, y por eso las soluciones se repiten. Es lo que llamamos convergencia adaptativa, y es muy frecuente. Por esa razón se parecen especies que pertenecen a grupos biológicos muy separados, como el lobo marsupial y el lobo gris.

En todo caso, al no apoyar las palmas de las manos y las plantas de los pies, sino las plantas de los pies y los *nudillos de las manos*, los hombros se levantan con respecto a las caderas, y por eso los chimpancés y gorilas, vistos de lado, presentan un dorso que va descendiendo desde los hombros hacia las caderas, o sea, de delante hacia atrás.

## ¿Modelo orangután?

En la postura de los primates se distinguen dos modelos. Por un lado está la postura pronógrada, en la que el tronco está paralelo al suelo, es decir, horizontal. Y por otro lado la postura ortógrada, en la que el tronco está vertical. Los simios vivientes adoptan la postura ortógrada más a menudo que los monos, y lo hacen en estas circunstancias: cuando están sentados, cuando trepan por un tronco vertical para encaramarse a la copa de un árbol, cuando se cuelgan de las ramas de los árboles, suspendiéndose en el aire, y cuando andan a dos patas. Nosotros, los seres humanos, mantenemos siempre la postura ortógrada, porque nos sentamos y andamos con el tronco erguido, y nunca lo hacemos a cuatro patas.

La alternativa a la hipótesis del antepasado cuadrúpedo es la «hipótesis del bipedismo arbóreo», y siempre ha estado ahí, revoloteando, dando que pensar, inquietando. ¿Es posible que vengamos de antepasados que ya andaban de pie por las ramas de los árboles y que luego se bajaron al suelo para continuar de pie? ¿Podría ser que nunca hayamos sido cuadrúpedos en el suelo?

Un estudio[2]realizado en el parque nacional Gunung Leuser, en Sumatra (selva de la que conservo un grato recuerdo porque he tenido el privilegio de conocerla bastante bien), muestra que los orangutanes utilizan en ocasiones una locomoción *bípeda asistida con las manos* cuando se desplazan sobre las ramas de los árboles. Lo explicaré mejor.

Hay tres modos de progresar por las ramas de los árboles:

1. Andando sobre las ramas a cuatro patas, es decir, agarrando las ramas con las manos y los pies, como hacen habitualmente los monos (llamo así, repito, a los primates superiores que no son simios ni humanos y que tienen cola). En una rama horizontal gruesa, los grandes simios también lo pueden hacer así. Este tipo de locomoción arbórea se llama palmígrada, porque se apoya la palma de la mano en la rama. En un primer momento los descubridores de Ardi calificaron a su especie de palmígrada[3]pero más tarde aclararon que no quieren restringir la locomoción de los ardipitecos a un solo tipo, y que prefieren llamarla «multígrada», es decir, variada, de muchos tipos.[4]
2. Colgándose de las ramas y girando los brazos para pasar de una mano a otra —rotando el cuerpo—, y avanzar así con movimientos de péndulo, columpiándose de los brazos. Este tipo de locomoción suspendida se llama *braquiación* y es practicado por todos los simios con mayor o menor eficacia. Gibones y siamangs, orangutanes, gorilas, chimpancés y bonobos son braquiadores. Modernamente se tiende a llamar braquiación solo al movimiento pendular de los gibones y siamangs, que son los que lo ejecutan con mayor agilidad, y *locomoción suspendida* (de los brazos, claro) a la que practican los demás simios. Podemos llamar, entre nosotros, a estas dos formas de progresar

en los árboles *locomoción acrobática*. El grosor de la rama utilizada suele ser intermedio: ni muy gruesa, ni muy fina.

3. Poniéndose de pie sobre una rama horizontal, pero usando también las manos para sujetarse a las ramas que quedan por encima de la cabeza. Una de las dos manos puede así quedar libre, para equilibrarse o para alcanzar un fruto. Este último modelo es exclusivo de los orangutanes. El grosor de la rama es pequeño, es decir, se trata de ramas finas y flexibles, que son las más alejadas del árbol, donde se encuentran los frutos apetecidos por los orangutanes. Además, eso les permite pasar de un árbol a otro sin tener que bajar al suelo y subir al siguiente árbol. Los simios tienen los dedos de los pies prensiles y por eso se los llamaba cuadrumanos en las clasificaciones antiguas («cuatro manos»). Los orangutanes pueden sujetar varias ramas muy finas con los pies y hacer con ellas un haz de ramas más estable.

¿Cómo se hicieron bípedos nuestros antepasados? La historia sería así según la hipótesis de la bipedestación arbórea. Hubo un tiempo en el que los antepasados de orangutanes, gorilas, chimpancés, bonobos y humanos vivían en los árboles y apenas bajaban de ellos, por lo que no tenían un modo de locomoción propiamente terrestre. No lo necesitaban. En los árboles se movían como los orangutanes actuales, por medio de la locomoción cuadrúpeda sobre ramas gruesas, de la locomoción suspendida (colgados de los brazos) sobre ramas de grosor intermedio, y recurriendo a la locomoción bípeda asistida sobre ramas finas y flexibles de la periferia de las copas, tanto para llegar hasta un fruto como para pasar de un árbol a otro.

Cuando bajaron de los árboles los antepasados de los gorilas (primero) y de los chimpancés (muy poco después), estos grandes simios adoptaron la locomoción cuadrúpeda *sobre los nudillos*. Cuando lo hicieron nuestros antepasados, mantuvieron la postura bípeda para andar por el suelo, pero sujetándose con las manos de las ramas bajas de los árboles para no perder el equilibrio. En resumen, nuestra postura bípeda sería herencia de un pasado remoto, mientras que la locomoción *sobre los nudillos* sería una innovación exclusivamente de los gorilas y chimpancés.

Sería muy sorprendente que el gran simio más alejado de los seres humanos, el único que no es africano, fuera el mejor modelo para entender los primeros pasos de la evolución humana. Pero es posible, porque de momento no se ven en los fósiles más antiguos de nuestro linaje (los ardipitecos y australopitecos) rasgos que indiquen de manera rotunda que alguna vez hayamos caminado como los chimpancés y los gorilas: *sobre los nudillos*.

Un dato interesante de este estudio es que los orangutanes, cuando se ponen de pie sobre las ramas, extienden completamente las rodillas y las caderas, algo que gorilas y chimpancés no hacen. Los orangutanes son los grandes simios que más se parecen a los humanos cuando adoptan la postura bípeda; realmente se yerguen sobre sus (muy cortas) extremidades posteriores. En cambio, cuando los grandes simios africanos se ponen de pie sus rodillas y caderas siguen flexionadas: andan a lo Groucho Marx.

Por qué los orangutanes extienden las articulaciones de la cadera y de la rodilla cuando se ponen de pie es un misterio. Tal vez tenga que ver, dicen los autores, con que el soporte es flexible. Al parecer también extienden más las articulaciones los velocistas humanos cuando corren sobre una superficie elástica.

## ¿O MODELO CHIMPANCÉ?

Está muy bien eso de bajar al suelo para cambiar de árbol, porque no siempre las copas se continúan unas con otras. El problema es que luego hay que volver a subirse al árbol, y eso significa trepar por su tronco vertical. Y las adaptaciones necesarias para trepar no son las mismas que se necesitan para andar en horizontal, sea sobre el suelo o sobre una rama.

En realidad, las articulaciones de la rodilla y de la cadera están siempre flexionadas en los chimpancés y gorilas, tanto cuando se ponen de pie como cuando trepan verticalmente por un tronco o cuando caminan sobre las cuatro patas. En lo que se refiere a la cadera y a la rodilla los movimientos de los huesos son los mismos.

Según la hipótesis del bipedismo arbóreo, los gorilas y los chimpancés habrían adoptado en tierra una postura cuadrúpeda que, aunque no sea muy eficiente en el suelo, les permite trepar con

facilidad por los troncos. Es como si caminaran a cuatro patas... pero en vertical. Y la verdad es que lo hacen muy bien. Nuestros primeros antepasados, en cambio, habrían renunciado a esa ventaja a la hora de subirse a un árbol a cambio de andar mejor en el suelo, más eficientemente, con un menor gasto energético. O con otras ventajas, de las que hablaremos enseguida.

Pero hay argumentos poderosos a favor de que tenemos un antepasado que era cuadrúpedo en tierra. Para empezar, el pie al que más se parece el de Ardi es el pie de los chimpancés y gorilas, y ese es un dato importante. Además, en el suelo los chimpancés y gorilas son plantígrados como nosotros. Y no solo eso, sino que apoyan primero el talón, exactamente igual que los seres humanos. Aunque luego no se apoyen en el dedo gordo, ni tengan bóveda plantar, los simios africanos tienen un parecido con nosotros a la hora de pisar que favorece la hipótesis de que nuestra locomoción bípeda evolucionó a partir de la locomoción cuadrúpeda en el suelo, no de la locomoción bípeda asistida en las ramas de los árboles.

## El verdadero planeta de los simios

Así que los investigadores del futuro tendrán que enfrentarse también ellos al viejo problema de cómo era el último antepasado común de humanos y de chimpancés. A este enigmático simio, todavía no humano ni chimpancé, se lo conoce por las siglas LCA (del inglés *last common ancestor*).

¿Venimos de un antepasado palmígrado, es decir, que caminaba sobre las ramas apoyando las palmas de las manos como hoy lo hacen los monos arbóreos? Eso es lo que opinan los descubridores de los ardipitecos, que ven en ellos rasgos propios de palmígrados en las manos, en las proporciones de los miembros y en la columna lumbar, entre otras regiones del esqueleto. ¿Venimos de unos acróbatas en los árboles y cuadrúpedos en tierra al modo de chimpancés y gorilas (apoyando *los nudillos*)? ¿O venimos de unos acróbatas que empezaron a ser bípedos ya en los árboles y que nunca fueron verdaderamente cuadrúpedos ni en las ramas ni en el suelo?

Pero no solo disponemos de los simios actuales para preguntarnos por el origen de la postura erguida, porque contamos con un catálogo

de fósiles cada vez más amplio de las especies anteriores a la bifurcación entre las ramas de los chimpancés y los humanos. Esta bifurcación se produjo al final de un periodo geológico conocido como Mioceno, que fue el verdadero planeta de los simios, porque eran entonces el grupo de primates dominante, con muchas especies en los tres continentes del Viejo Mundo.

Con todos estos huesos deberíamos tener ya clara la respuesta, pero lo que han mostrado los fósiles es que había un gran número de posturas que se pueden dividir en: cuadrupedalismo, salto entre ramas, trepa vertical por los troncos, suspensión colgada de los brazos, bipedalismo y quedarse de pie sin moverse. Todos los simios vivientes las practican en la actualidad, aunque con diferentes repartos del tiempo. Lo que podría haber sucedido es que unos simios se especializaron en un tipo de postura, que se habría hecho preponderante, y otros en otra: por ejemplo, los gibones se especializaron en la braquiación y los chimpancés en la cuadrupedia. Los humanos lo habríamos hecho en la bipedia, que es nuestra única forma de locomoción porque no nos subimos a los árboles.[5]

## Si andar a dos patas es tan ventajoso, ¿por qué somos los únicos primates que lo hacemos?

Ha llegado el momento de que nos preguntemos qué ventajas tiene la marcha bípeda, por qué nuestros antepasados, los primeros australopitecos, se irguieron. Mucho se ha discutido la cuestión y se sigue haciendo, lo que quiere decir que la explicación no está clara. ¿Qué tipo de adaptación representa la bipedestación? Si pudiéramos ver a los australopitecos andando, si fuéramos capaces de viajar en el tiempo, ¿qué descubriríamos?

Erguirse, desde luego, permite llegar más alto con las manos sin necesidad de trepar, y seguramente veríamos a los australopitecos recolectar bayas de los arbustos con gran naturalidad sin necesidad de hacer equilibrios para tenerse de pie. La posibilidad de ver por encima de las hierbas, muchas veces citada, me parece en cambio una ventaja menor, porque los australopitecos vivían en un hábitat que era bastante cerrado, donde la vista tropezaría con los árboles y arbustos.

Por otro lado, andar de pie permite llevar cosas en las manos, es

decir transportar alimentos, por ejemplo. Se ha sugerido que, si en un lugar hay mucho alimento, puede ser útil cargar todo el que se pueda y alejarse con el botín a un sitio tranquilo y seguro para evitar la competencia con otros miembros del grupo. De hecho, se ha observado que los chimpancés lo hacen así. En un estudio experimental[6]realizado en la República de Guinea con un grupo de once chimpancés se depositaron montones de nueces de coula y de palma de aceite en un claro de la selva. Como había mayor abundancia de nueces de palma de aceite en el territorio, los chimpancés preferían las nueces de coula, y en muchas ocasiones se las llevaban en las manos y en la boca caminando de forma bípeda. De este modo podían transportar el doble de nueces que a cuatro patas. Los investigadores también observaron a los chimpancés robando papayas y otras frutas en los huertos de la zona y llevándolas *en las manos y en la boca* mientras andaban sobre sus pies. Pero, a juzgar por los vídeos que acompañan esta publicación, los chimpancés no transportaban las nueces de coula, que son pequeñas, ni las papayas, que son grandes, *en brazos*, y me pregunto si no estará fuera de las posibilidades de los chimpancés.

El paleoantropólogo Owen C. Lovejoy defiende desde hace muchos años que la postura bípeda podría estar ligada a la monogamia, y que los machos se alejarían del campamento para recolectar alimento que traerían de vuelta (en brazos) para su pareja y las crías de ambos, que permanecerían en el campamento base. Para que este sistema funcione hace falta que el macho tenga una gran confianza en la paternidad. Pero la confianza en la paternidad es baja en los chimpancés (hay que hacer pruebas genéticas de paternidad para saber quién es el padre porque las hembras copulan con muchos machos cuando tienen el estro o celo), mientras que es alta en los humanos actuales, por lo que la postura bípeda, si cumplía la función que Lovejoy le atribuye, estaría asociada en los australopitecos a la monogamia.

Pero si todas las crías del grupo fueran dejadas al cuidado de unos pocos adultos (lo que se conoce como cuidado aloparental) serían los dos sexos los que transportarían el alimento para todas las crías. Este modelo de cuidado de las crías por otros padres es el defendido por los científicos (con Edward O. Wilson como más famoso representante)[7]partidarios de que la biología social tan compleja de

los humanos (que recuerda en algunos rasgos a la colmena, el hormiguero o el termitero) es el resultado de que ha habido selección entre grupos, y no solo entre individuos, en nuestra evolución. En el modelo de selección grupal, que no es el neodarwinista (que se basa en la selección individual), la confianza de los machos en la paternidad ya no es tan importante. Hablaremos de estos temas más ampliamente cuando subamos en el recorrido que hemos empezado en los pies hasta los órganos sexuales externos.

Naturalmente, al ponernos de pie nos hacemos más altos, y la talla intimida. Los chimpancés machos se yerguen y erizan el pelo para parecer más grandes cuando quieren amenazar a otro macho, usando también ramas para asustar. De modo que podrían haber sido seleccionados los machos que tenían mayor capacidad de impresionar a sus rivales y alejarlos poniéndose de pie, porque tendrían más éxito reproductor, más oportunidades de aparearse.

Pero no solo se impresionan los adversarios de la propia especie con el tamaño, sino que los depredadores también respetan más a los animales grandes, sobre todo si saben utilizar ramas para golpear y lanzan piedras con puntería, y yo no veo por qué no podrían hacer estas dos cosas los australopitecos.

Por último, andar de pie quizás no sea más costoso en términos de gasto energético (de eficiencia) que hacerlo a cuatro patas a la manera de los chimpancés y gorilas, e incluso podría ser más económico, por lo que si además proporcionaba alguna ventaja a coste cero (o con un gasto moderado) no hacen falta grandes explicaciones para la postura bípeda.

En todo caso, a diferencia de las especulaciones anteriores, la eficiencia de la locomoción en humanos y en chimpancés es algo que puede estudiarse y medirse porque es fisiología, y vamos teniendo ya los primeros resultados, que indican que la locomoción humana no solo no es muy despilfarradora de energía, sino que es más eficiente que la de los chimpancés, tanto a cuatro patas como a dos. En realidad nuestra locomoción bípeda consume lo mismo que la de los cuadrúpedos *normales*, lo que pasa es que los chimpancés no son unos cuadrúpedos *normales*, sino unos cuadrúpedos muy despilfarradores de energía que se cansan pronto. Los chimpancés no se desplazan mucho por su territorio, sino más bien poco, por lo que la locomoción arbórea puede haber predominado en ellos.

La locomoción bípeda de los australopitecos también sería más eficiente que la cuadrúpeda de los actuales chimpancés, aunque la diferencia seguro que ya no era tanta como la que hay entre humanos modernos y chimpancés. El problema está en los ardipitecos, cuya locomoción bípeda era con toda seguridad mucho menos eficiente que la de los australopitecos.

Lo que sí parece, de confirmarse que la transición de la marcha a cuatro patas a la marcha sobre solo las extremidades posteriores se produjo en menos de doscientos mil años, es que la presión de selección era intensa, porque la evolución fue rápida, luego la ventaja de la postura bípeda sobre la cuadrúpeda no debía de ser pequeña.

## Cenicienta y su zapato

Es muy interesante señalar que los pies pequeños han sido considerados en muchas culturas una característica femenina, y que los antiguos chinos exageraban vendando los pies de las niñas y deformándolos de una manera increíble (pies de loto). Supongo que el zapato de Cenicienta era pequeño y por eso no les entraba el pie a sus hermanastras (lo contrario, que les quedara grande, sería muy divertido, pero no creo que sea el caso del cuento).

En 2010 los medios de comunicación dieron cuenta (con grandes titulares) de un estudio científico[8]que concluye que el sexo masculino considera más atractivas a las mujeres de pies pequeños. Sin embargo, cuando se leen con cuidado los detalles de la investigación se aprecian matices importantes. En primer lugar, a los sujetos investigados (que eran solo 77 estudiantes heterosexuales masculinos de la universidad) no se les pedía que clasificaran los pies de las mujeres por su belleza (independientemente del resto del cuerpo), sino que clasificaran a 60 estudiantes blancas por lo guapas que eran mirando imágenes de sus caras. Luego se vio que las que tenían los pies más pequeños en relación con su estatura (no en términos absolutos) estaban mejor clasificadas que las que los tenían relativamente grandes. En otras palabras, parecía haber una correlación entre lo atractivo de su cara y el tamaño relativo de sus pies. Pero también estaba relacionada la belleza facial con la longitud del muslo y con la estrechez de la cadera. En otras palabras, las chicas blancas altas y delgadas les

parecían más agraciadas de cara a sus compañeros heterosexuales. Una explicación posible de esta correlación cara/cuerpo puede ser que las dos cosas reflejan el estado de salud durante la infancia, de modo que resultarían más femeninas las mujeres que han tenido una buena crianza, con pocas enfermedades.

Este es un trabajo que pertenece a una especialidad llamada psicología evolucionista (o darwinista), que tiene sus detractores entre los psicólogos tanto como entre los biólogos evolutivos. Se propone nada menos que investigar las bases biológicas (es decir, evolutivas) de la naturaleza humana, incluyendo los patrones de belleza (en el supuesto de que sean universales), pero ya se ve que es muy difícil distinguir entre la influencia de la biología y la de la cultura en la psicología de una persona. Es el viejo dilema entre naturaleza y educación.[9]

Radiaciones adaptativas en la evolución humana.
Ilustración de Susana Cid en *Vida, la gran historia*, de Juan Luis Arsuaga.

# DESCARTES/DECKARD

## El conectoma

Aunque hoy la esencia de la vida nos parece la química orgánica, las moléculas de carbono, empezando por el ADN (la molécula de la vida por excelencia porque es la molécula de la herencia biológica), hubo un tiempo en el que los animales eran comparados con máquinas, y su esencia era la física, o más concretamente la mecánica.

¿Qué es un ser humano sino una máquina orgánica que tiene alma? ¿No nos preguntamos, ahora más que nunca, si algún día los robots podrán tener consciencia? ¿No era Pinocho un muñeco de madera articulado que un día, por la intervención de un hada, recibió el soplo de la vida? ¿Cambió realmente algo cuando Pinocho se convirtió en un niño de carne y hueso? ¿No se basa la ciencia del deporte en la biomecánica? ¿No hemos hablado hasta ahora en este libro del *aparato locomotor*, como si nuestro cuerpo fuera una máquina?

René Descartes era un gran matemático y filósofo francés del siglo XVII que gozaba de la admiración y reconocimiento de todos sus contemporáneos, en Francia, y también fuera de su patria. Este sabio francés llegó a la conclusión (en su libro *Principia philosophiae*) de que el ser humano es un cuerpo que está al servicio de un yo que piensa: «*Cogito ergo sum*» (el famoso «Pienso, luego existo»). Se compone, pues, de dos partes: la material (*res extensa*), que puede medirse porque tiene dimensiones, y la pensante (*res cogitans*), que no tiene dimensiones y no puede medirse. La parte física es, simplemente, una máquina, y un animal es para Descartes solo eso: pura ingeniería biológica sin percepción del dolor o del calor y sin emociones como el amor, el miedo, el placer; o sea, sin sensibilidad ni sentimientos (sin sintiencia), ni tampoco pensamientos (sin cognición). En resumen, una máquina sin subjetividad, sin vida interior, sin nada dentro de su cabeza ni de su corazón.

Hay que entender a Descartes, porque así como el cuerpo de un animal o de un ser humano podría compararse con un autómata, las personas tenemos el convencimiento de que actuamos libremente y de que tomamos nuestras propias decisiones, que se traducen en movimientos por medio de las órdenes que la mente envía al cuerpo. En pocas palabras, nuestro comportamiento no está determinado ciegamente. Por eso no podemos predecir con absoluta certeza lo que va a hacer otro ser humano cuando se le presenta la misma situación repetidas veces. Puede cambiar de conducta de una vez para otra porque no hay una relación automática entre el estímulo y la respuesta, como la que hay en las máquinas (o los animales, pensaba Descartes).

La ciencia, al hacerse naturalista, descartó la existencia de entidades inmateriales que operen en el mundo material, tales como la mente, a la que sustituyó por el cerebro como instancia que toma nuestras decisiones. La moderna neurociencia atribuye nuestras capacidades cognitivas, como la memoria, por ejemplo, a la existencia de circuitos o redes neuronales. Estas neuronas interconectadas formando sistemas de una inmensa complejidad es a lo que se ha llamado conectoma: el equivalente naturalista de la mente. Ahora bien, el conectoma es estático, rígido, y por lo tanto predecible, y sin embargo nuestro comportamiento es flexible e impredecible, y por eso nos consideramos libres, porque creemos siempre que decidimos. La neurociencia en la actualidad se enfrenta al enorme reto de imaginar (de hacer un modelo matemático, en la ciencia todo acaba en un modelo matemático) cómo podría ser un conectoma dinámico.[1]

## La transustanciación

Un efecto muy beneficioso de este planteamiento dualista que defendía Descartes es que separaba la biología humana —que se ocupaba del cuerpo— de la religión —que se centraba en el alma—, por lo que no había motivo para el conflicto. El dualismo de Descartes parecía despejar el camino para los investigadores científicos, que no tenían por qué temer a las diversas iglesias porque no entraban en contradicción con ellas. Esa era, desde luego, una buena noticia para los que estudiaban al ser humano.

Pero quedaba sin resolver el problema de la transustanciación del pan y del vino en el cuerpo y la sangre de Cristo en el acto de la consagración, que no encontraba acomodo en la doctrina de Descartes y suscitaba por lo tanto el recelo eclesiástico, cuando no la hostilidad abierta hacia el filósofo francés.

La escolástica medieval había resuelto el problema de la transustanciación recurriendo a la división que hacía el gran filósofo griego Aristóteles entre materia (o sustancia) y accidente. Las cosas todas tienen una sustancia constitutiva, íntima, pero las propiedades sensibles se las dan los accidentes. Así, el pan y el vino consagrados sabían igual que antes de consagrarse y no se distinguían en nada por la vista, pero su sustancia había cambiado por completo al convertirse *literalmente* en el cuerpo y la sangre de Cristo, aunque no tuvieran sus propiedades sensibles, como el sabor, la textura, la consistencia y el aspecto (que serían los accidentes, no la sustancia).

Descartes era sumamente religioso y no ponía en duda la doctrina católica de la eucaristía, que los protestantes, en cambio, rechazaban por lo general. Para los protestantes, la eucaristía era solo un símbolo o un recuerdo de Jesús, y no debía interpretarse como que Jesús se hiciera materialmente presente en la hostia y el vino consagrados con su cuerpo y su sangre. Se trataba por lo tanto de una disputa de la máxima importancia, que la Iglesia de Roma consideraba esencial y sobre la que no admitía matices.

Descartes había abolido la división entre sustancia y accidente,

sustituyéndola por la dualidad cuerpo/alma, pero estaba convencido de que su pensamiento reforzaba a la Iglesia al solucionar el problema de la transustanciación mucho mejor que recurriendo a Aristóteles. Los seguidores de Descartes razonaban que en la eucaristía se producía una fusión del alma inmaterial de Jesucristo con el pan material de la hostia consagrada, que seguía siendo pan. Y el vino, vino.

Pero para la Iglesia solo era válida la interpretación literal de las palabras de Jesús en la última cena: la sustancia del pan se transformaba en la sustancia de la carne de Jesús, y la sustancia del vino en la de su sangre. Y por eso una parte de la jerarquía eclesiástica no veía con buenos ojos al filósofo francés.

Podía sin duda la Iglesia acogerse a la capa protectora del misterio y dejar a la eucaristía fuera del territorio de la razón, pero la tradición medieval escolástica era la de razonar la fe, y por eso la Iglesia prefería explicar la transustanciación recurriendo a la división que hacía Aristóteles entre sustancia y accidente.

## El mundo-máquina

Descartes era un mecanicista, y como los mejores científicos de su época veía el mundo como un enorme aparato en el que todas sus partes funcionaban con absoluta precisión. La analogía perfecta para entender la naturaleza eran los grandes relojes de las catedrales centroeuropeas, con sus ruedas y pesas, y los partidarios de la «filosofía mecánica» del siglo XVII consideraban que el universo era, en realidad, una máquina del tipo de un reloj. Descartes no era en absoluto ateo, sino bien católico, y como otros muchos mecanicistas de la época creía que era Dios quien hacía funcionar la máquina del mundo.

No por ello dejaba de ser sospechoso para la Iglesia. Hay una carta de 1700 de la Universidad de Sevilla a la Universidad de Granada en la que la previene contra la doctrina cartesiana, que empezaba a difundirse peligrosamente en las aulas.

Una consecuencia de la visión del mundo como un enorme aparato es que su comportamiento se puede predecir, como el de un reloj. Un matemático y físico francés llamado Pierre-Simon Laplace

(que vivió a caballo de los siglos XVIII y XIX) decía que si existiera una *inteligencia* (a la que se ha venido a llamar «Demonio de Laplace») que fuera capaz de conocer la posición y el movimiento de todos los átomos del mundo, esa inteligencia sabría dónde estarán en cualquier momento del futuro, o dónde estaban en cualquier momento del pasado, porque el tiempo fluye en los dos sentidos; el tiempo es reversible. Le bastaría para ello con aplicar las leyes de Newton, que presuponen que el espacio y el tiempo existen al margen de las cosas, a las que contienen. El tiempo y el espacio de Newton, aunque no podamos verlos, son absolutos, reales y matemáticos. Estos contenedores existirían aunque no hubiera nada que contener.

Hay aplicaciones informáticas de astronomía que cualquiera puede usar y que nos dicen cuál era la posición de las estrellas en el cielo que veían los pintores de Altamira, por ejemplo, o las que verán dentro de miles de años los que vivan por entonces en Santillana del Mar, que es la bella población donde se encuentra la cueva. ¿No quiere esto decir que el universo funciona como un reloj en el que las manecillas pueden moverse hacia delante y hacia atrás?

¿Qué pasa entonces con el tiempo que miden los relojes? ¿Es reversible? ¿Se mueve en los dos sentidos? En la visión determinista del llamado «universo clásico de los físicos» el tiempo es, en efecto, reversible, porque no hay diferencia entre el pasado y el futuro en las ecuaciones del mundo mecánico de Newton. Como si fuera un péndulo, el tiempo oscila de un lado al otro, sin pasado ni futuro.

Más tarde llegó Albert Einstein, y con la teoría de la relatividad descubrió que no existe el tiempo, ni tampoco el espacio, al margen de las cosas. El tiempo no es su contenedor, sino que las cosas interaccionan con el espacio-tiempo. Pero tampoco las ecuaciones de la gravedad relativista de Einstein diferencian el pasado del futuro. Y lo mismo pasa con las leyes de la mecánica cuántica y con las del magnetismo y con las de la física de partículas. Cualquier secuencia de acontecimientos que se pueda producir en el mundo es reversible.

Tenemos por lo tanto un conflicto que resolver entre dos ciencias experimentales, que trabajan con realidades objetivas: por un lado, la física y sus leyes, en las que el tiempo es reversible. Y por otro lado, los procesos históricos irreversibles, como la evolución biológica, que no se pueden entender sin un tiempo direccional, lo que se llama la flecha del tiempo. Todas las especies vivientes son hijas de la historia

y está claro que son realidades objetivas que han ido cambiando en el tiempo y que no admiten marcha atrás. Es un proceso irreversible.

Aun así, podría existir una flecha del tiempo en física, una dirección en la que el tiempo no es reversible. En efecto, el segundo principio de la termodinámica establece que en un sistema concreto (un «sistema local» es como se dice) solo se puede pasar de los estados más ordenados a los menos ordenados. Este aumento del desorden es una magnitud física que se conoce como entropía, que nunca va de más a menos. En el pasado el mundo estaba más ordenado, había menos entropía, y esta no ha hecho más que aumentar, marcando así una dirección del tiempo.

Los seres vivos parecen situarse al margen de la física porque se caracterizan por su capacidad de mantenerse en el estado ordenado durante un breve tiempo, que es la duración de su existencia, su vida. Básicamente un ser vivo es un sistema ordenado, que se desordena cuando muere. Pero el organismo se mantiene ordenado a costa de generar desorden fuera de sus límites, en su entorno, de manera que el segundo principio de la termodinámica se cumple de todos modos.

Aquí, en la termodinámica, encontramos un proceso irreversible que puede ser considerado una flecha del tiempo, tanto a escala local como a la escala general del universo. El calor no puede pasar de un cuerpo frío a uno caliente. Los organismos mantienen el calor solo mientras viven, y luego mueren y se enfrían.

Este segundo principio de la termodinámica, enunciado por el prusiano Rudolf Clausius, es la única ley de la física que distingue el pasado del presente. En cualquier cosa que nos parece irreversible interviene el calor. Una vez parado un péndulo es absurdo esperar que pueda ponerse en movimiento por sí solo y nos puede parecer que esta secuencia de acontecimientos, de péndulo oscilando a péndulo parado, es irreversible. Pero si el péndulo se detiene finalmente es por el rozamiento de la bola con el aire, y esa fricción produce calor. En todo proceso irreversible siempre hay algo que se calienta.

¿Existe después de todo un tiempo universal que fluye desde el pasado hacia el futuro y que puede ser descrito con ecuaciones matemáticas? Yo pensaba que la termodinámica había demostrado que sí, pero Carlo Rovelli nos explica en su maravilloso librito *El orden del tiempo* que la diferencia termodinámica entre pasado y futuro, es decir, el aumento de la entropía, solo se debe a nuestra visión

desenfocada del mundo. Se basa para esa afirmación en el trabajo del gran físico Ludwig Boltzmann, que no vamos a tratar aquí.

Hay otra parte de la física, además de la termodinámica, que apunta a la irreversibilidad del tiempo, y es la teoría del caos. Pero esa es otra historia. Lo que nos interesa ahora es entender la idea barroca del mundo como un gran artefacto.

## Llega la revolución

La llamada revolución científica del Barroco, que empieza con Copérnico y culmina en Newton y en el médico William Harvey, sentó las bases del método que empleamos desde entonces los científicos, basado en la experimentación, en la observación, en la cuantificación, en la verificación de los hechos y en dos negaciones:

a. Rechazo sin excepciones de la idea de que la naturaleza esté animada de propósitos y objetivos o fines. Es decir, renuncia absoluta a las llamadas por Aristóteles causas finales, a los «para qué».
b. Rechazo a admitir que una fuerza —cualquier *poder oculto*— pueda actuar a distancia sobre un cuerpo.

Pese a lo cual Newton se vio obligado a enunciar en su principio de la gravedad que los cuerpos se *atraen* unos a otros con una fuerza que es inversamente proporcional al cuadrado de la *distancia* que los separa, como si actuara una fuerza invisible y misteriosa entre ellos. A Newton y a sus contemporáneos les repugnaba la idea misma de la *atracción*, porque parece puro pensamiento mágico. Pero el hecho es que la ley de la gravitación universal permite predecir el movimiento de los cuerpos celestes y no quedaba más remedio que admitirla. El magnetismo era la otra fuerza que también había que admitir que actuaba a distancia.

Ahora sabemos que hacían bien los creadores del método científico en rechazar la noción de las fuerzas que actúan a distancia. Con la teoría de la relatividad de Einstein todo se explica sin recurrir a ellas. Resulta que entre los cuerpos celestes hay espacio y hay tiempo,

y las masas de esos cuerpos actúan sobre el espacio-tiempo y determinan las trayectorias que siguen. No hay atracción de ninguna clase, sino deformación del espacio-tiempo por las masas de los cuerpos.

Volviendo a Descartes, para muchos historiadores, especialmente los franceses, él es el principal creador del método científico, con su librito *Discurso del método* (1637).

No todos los historiadores de la ciencia están de acuerdo en que hubo semejante cambio radical en el siglo XVII (y finales del XVI), y no faltan quienes piensan que el desarrollo de la ciencia moderna fue más bien un proceso largo que venía desde la Edad Media o incluso desde los griegos. Pero lo que nos importa ahora es que habían quedado muy atrás los tiempos de los escolásticos medievales, seguidores literales de Galeno, para quienes el cuerpo humano estaba animado por cuatro humores: la flema, la bilis negra, la bilis amarilla y la sangre, del mismo modo que el mundo estaba constituido por la mezcla de cuatro elementos: el agua, la tierra, el fuego y el aire. Del equilibrio o correcta proporción de los diferentes humores dependía la salud de las personas.

Con la nueva mentalidad de los mecanicistas, a lo que en realidad se parecía el cuerpo humano era a los autómatas que daban las horas en las catedrales, muñecos articulados movidos por palancas, poleas y engranajes. En el *Discurso del método*, Descartes escribe:

> Lo cual no parecerá en absoluto extraño a los que, sabiendo cuántos *autómatas* o máquinas que se mueven puede construir el ingenio humano con poquísimas piezas comparadas con la multitud de huesos, músculos, nervios, arterias, venas y demás partes que hay en el cuerpo de un animal, considerarán tal cuerpo como una máquina que, habiendo sido hecha por la mano de Dios, está incomparablemente mejor ordenada y tiene movimientos más admirables que cualquiera de las que puedan inventar los hombres.

El lector irá notando a lo largo de las páginas de este libro que su autor, sin ser un dualista como Descartes, es un entusiasta de la biomecánica, y por eso se siente obligado a hacer aquí un homenaje. El santo patrón de la biomecánica fue un napolitano llamado Giovanni Alfonso Borelli (1608-1679), quien escribió un libro titulado *De motu animalium* (*Sobre el movimiento de los animales*). Borelli fue una figura destacada de la corriente científica del Barroco llamada «iatrofísica», que, muy influida por Galileo y Descartes, buscaba entender la

biología y la medicina a partir de la física. Otra corriente científica del Barroco era la iatroquímica, que pretendía hacer lo propio con la química.

Ambas aproximaciones eran reduccionistas en extremo, porque los seres vivos están en un nivel de organización superior al de los átomos y al de las moléculas y se rigen por sus propias leyes orgánicas. La genética o la ecología son dos ejemplos de que la biología es más que física y química. Pero es verdad que la biomecánica tiene mucho de física, y de ahí mi admiración por Borelli y su libro, lleno de análisis y de figuras de las palancas del cuerpo. Este napolitano también comprendió que al adelantar el cuerpo al andar el centro de masas se desplaza fuera de la base de sustentación, y que si no nos caemos es porque movemos las piernas.

Hay otra razón igual de importante para que Borelli aparezca en este libro junto con Descartes, y es que el napolitano también fue un protegido de la reina Cristina, pero no durante su época sueca como lo fue Descartes, sino durante la residencia en Roma luego de su abdicación. De hecho, Cristina de Suecia subvencionó en parte la publicación del libro de Borelli después de su muerte, porque el autor no llegó a verlo impreso.

## La historia gótica de Francine

Y ahora le contaré una leyenda sobre Descartes, en la que aparece de nuevo la reina Cristina de Suecia antes de abdicar del trono, convertirse al catolicismo y trasladarse a vivir a Roma para dedicarse, entre otras cosas, a la adquisición de antigüedades del periodo clásico, tales como el *Diadúmeno* o la *Venus del delfín*.

Descartes tenía un carácter difícil (o sea, pésimo), pero su humor cambió cuando tuvo a su hija Francine. Era fruto de su amor con la criada que lo atendía en Ámsterdam, y por lo tanto hija ilegítima, aunque la inscribió en el registro de hijos legítimos. Descartes la quería y planeaba llevársela a París para que aprendiera francés y recibiera una educación cuando la niña Francine murió de la escarlatina a la tierna edad de cinco años.

Un día, Descartes recibió una invitación de la reina Cristina de Suecia para que fuera su profesor particular. Cristina era una mujer

inteligentísima y cultísima, sin parangón en las cortes europeas de su época o de cualquier otra. Así pues, la reina envió un barco para recoger al sabio y todos los libros de su biblioteca, que eran numerosísimos para la época.

Todo esto es cierto, pero lo que viene ahora es fábula, pero de terror. Cuenta la leyenda que Descartes, haciendo uso de sus conocimientos científicos, construyó o dirigió la fabricación de una muñeca mecánica que se parecía extraordinariamente a Francine, y que viajaba con ella a todas partes. Descartes embarcó, por supuesto, con su Francine mecánica, para siempre detenida en los cinco años, a la que llevaba en una caja. El capitán del barco aprovechó un momento en el que Descartes estaba en cubierta para ir a su camarote, movido por la curiosidad de ver sus instrumentos y sus libros. Una especie de ataúd le llamó la atención al capitán fisgón. Al abrir la caja descubrió a Francine, que se levantó y le dirigió unas palabras que el autómata llevaba grabadas para dar la bienvenida. El capitán lo tomó por una obra del maligno y arrojó la muñeca diabólica al mar. Cuando Descartes descubrió lo que había sucedido tuvo una grave discusión con el capitán. Algunas versiones dicen que lo arrojó al mar, pero eso es lo de menos, porque usted mismo puede imaginar su propia versión de la historia, con la única condición de que aparezca Francine convertida en un autómata. Una niña mecánica sin alma. En mi versión particular Francine habla con tanta sensatez que aterroriza. E incluso juega al ajedrez.

No sé por qué no se ha escrito una novela gótica con la historia de Francine, que formaría parte de una larga serie de narraciones en las que se trata de la cuestión del dualismo cuerpo/alma, tratándolos como entidades separadas, al modo en el que lo hacía Descartes. El libro de Mary Shelley *Frankenstein o el moderno Prometeo* o *El Golem* de Gustav Meyrink son clásicos en una tradición de literatura fantástica que continúa en la ciencia ficción futurista, con ordenadores y robots, que serán los futuros *frankensteins* y *golems*, es decir, cuerpos sin alma. ¿O tal vez con alma? ¿No se enamora el monstruo de Frankenstein?

Los autómatas reales más famosos son los del reloj astronómico de la catedral de Estrasburgo, al que ponía como ejemplo del funcionamiento del universo el filósofo mecanicista del siglo XVII Robert Boyle (uno de los padres de la química moderna). Boyle explica que hay dos formas de entender la acción de Dios en el

mundo. Una es la de suponer que actúa como el titiritero, tirando todo el tiempo de los hilos para que se mueva la marioneta, es decir, para que se produzcan los movimientos que hacen que funcione el mundo. La otra forma de ver el mundo es la que a él le parece una metáfora más ajustada a la idea de Dios como artífice: «Como un raro reloj, tal como el de Estrasburgo, donde las cosas están tan bien dispuestas que, una vez puesta la máquina en movimiento, todas proceden según el plan del artífice, y los movimientos de las estatuas pequeñas que a determinadas horas realizan unas u otras cosas no requieren de la intervención peculiar del artífice o de otro empleado por él, sino que realizan sus funciones particulares por la disposición general y primera del artefacto entero».[2]Es decir, no hace falta que Dios actúe todo el tiempo porque el mundo fue creado para que funcionara solo eternamente.

El reloj de Estrasburgo, además de marcar las horas, sigue los movimientos de la bóveda celeste y predice los eclipses: es un reloj astronómico. Tiene numerosos autómatas, y está rematado por un gallo que canta tres veces al mediodía. En España no tenemos muchos autómatas, pero en el reloj de la catedral de Burgos hay un par de ellos que causan admiración desde que fueron construidos[3]a principios del siglo XVII: el Papamoscas y el Martinillo. Y en la catedral de Palencia hay otro papamoscas.

La historia de autómatas que más me gusta a mí es la del Hombre de Palo, que es un autómata tan real que hasta tiene calle en Toledo, cerca de la catedral. En España hay muchas calles con nombres de personas que nadie recuerda quiénes fueron, pero hay que suponer que existieron... porque tienen calle. Ergo el Hombre de Palo existió... puesto que tiene calle (espero que se haya entendido la ironía). Este célebre autómata de madera que se movía y pedía limosna según cuenta la leyenda fue construido por el no menos famoso ingeniero italiano (nacido en Cremona, Lombardía, hacia el año 1500) llamado en España Juanelo Turriano, quien efectivamente vivió en Toledo, donde construyó un ingenio para subir el agua del Tajo.

Se hace eco de esta historia Manuel Mujica Lainez en la novela *El laberinto*. Me gusta lo que dice Mujica de «movido por relojerías sutiles» porque expresa muy bien la esencia de lo que son los autómatas y el porqué de su valor como metáfora del ser humano. En todo caso, qué gran tema para una novela, un *thriller* histórico del

siglo XVI, con asesinatos en Toledo atribuidos al Hombre de Palo y autoridades e Inquisición detrás de ello.

## La mona de Galeno

Pero a decir verdad el descrédito de Galeno y de la medicina escolástica era anterior a Descartes y a la revolución científica del Barroco y pertenece al periodo denominado Renacimiento.

Denuncia nuestro Valverde de Amusco que Galeno no había hecho disecciones de cuerpos humanos, sino de monos, y de ahí los errores que comete, que no fueron descubiertos hasta que el gran anatomista Vesalio escribió su famoso tratado de anatomía *De humani corporis fabrica* (1543): «En este crédito duró Galeno hasta nuestros tiempos, sin haberle osado ninguno contradecirle en nada; hasta que Andreas Vesalio comenzó a abrir los ojos a muchos mostrándoles cómo no se ha de creer todo lo que se halla escrito». Amusco se comporta, ya en el siglo XVII, como un auténtico racionalista, porque el corazón de la ciencia lo constituye el pensamiento crítico, el no creerse lo que han escrito los científicos precedentes, la no aceptación de lo que se ha venido a llamar «el saber transmitido».

Así argumenta Valverde de Amusco: «Y porque más claramente cada uno pueda ver que a decir esto más me mueve la verdad que ninguna otra cosa, notaré aquí algunas cosas de las que Galeno dice, las cuales todas se hallan en la mona y otros animales brutos, y ninguna en el hombre». Entre los ejemplos que pone hay uno que me interesa como paleoantropólogo: «Dice pues Galeno que en la quijada de arriba hay dos comisuras, que descienden por junto a los colmillos; estas están en todas las monas, en los hombres de ciento no se halla en uno». Valverde se refiere a la sutura premaxilar, que separa el hueso premaxilar del maxilar. En todos los primates, simios incluidos, se encuentra la sutura premaxilar completa durante todo el desarrollo y aún después del nacimiento, mientras que en los seres humanos no se observa el hueso premaxilar ni siquiera en el feto. Me parece una excelente apreciación de Valverde de Amusco.

Galeno era un médico griego de Pérgamo, en Asia Menor, que sirvió al emperador Marco Aurelio y a su hijo Cómodo. También atendía a los gladiadores, así que de heridas por arma blanca debía de

saber mucho, pero no tanto de la anatomía interna, porque no disecaba cadáveres. Es cierto que podría haber viajado a Alejandría para practicar disecciones humanas, como parece que se hacía allí, pero en todo caso Valverde estaba convencido de que no se benefició de ellas a la hora de escribir su tratado de anatomía humana: «Pero que [por qué] gasto tiempo en alegar más razones, pues no hay duda ninguna que si Galeno hubiera visto tantas veces la anatomía del hombre no dejara de decirlo, como no dejó de contar de dos veces que vio los huesos: una en un cuerpo que desenterró una gran crecida de un río y otra en un ahorcado casi comido de cuervos. Y si alguna vez siendo mancebo fue a Alejandría a verla, quizás cuando llegó era ya acabada (como acontece) o que (como esta historia requiere más memoria que juicio) se le olvidó, como por su historia parece».

¿Cuál era la *mona* que estudiaban Galeno y los médicos de su época, que tenían prohibida la disección de cadáveres humanos (salvo en Alejandría a lo que parece)? Lógicamente alguna especie que pudieran obtener fácilmente. Valverde de Amusco nos ayuda a identificarla. Fuera de los grandes simios y de los seres humanos, entre los monos del Viejo Mundo algunas especies de macacos son las únicas que no tienen cola larga. Y la *mona* que disecaba Galeno no tenía cola larga: «Dice que el hueso grande [el hueso sacro] se hace de tres ñudos [vértebras], y la rabadilla de otros tres; lo cual es verdad en la mona, empero en el hombre el hueso grande ordinariamente tiene cinco ñudos, y muchas veces seis, y la rabadilla cuatro».

El macaco de Berbería o mona de Gibraltar (de donde no es natural, sino que ha sido introducido) vivía en las tierras romanas del norte de África (la Mauritania, hoy Marruecos y Argelia), y sin duda fue la especie elegida para las disecciones de Galeno, porque efectivamente el hueso sacro se compone de tres vértebras, y hay otras tantas vértebras caudales. Valverde conocía bien la anatomía del macaco de Berbería además de la del ser humano, por lo que puede verse. Quizás el hecho de no tener cola hiciera parecer al macaco de Berbería más semejante a los seres humanos a los ojos de Galeno y sus colegas médicos. En Gibraltar llaman *apes* a los macacos, supongo que por el hecho de no tener cola, porque *ape* es término que se aplica a los simios, nuestros parientes sin cola.

Para los científicos mecanicistas del Barroco el cuerpo de los animales y de las personas era una máquina perfecta, un magno artificio, pero una máquina que no solo estaba hecha de palancas óseas y resortes musculares.

Por toda nuestra anatomía circula la sangre, una máquina hidráulica impulsada con la precisión de un reloj por una bomba llamada corazón. El pulso es lo que distingue al muerto del vivo. Y el pulso de las venas sirve para medir el tiempo como un reloj. Los autómatas de los relojes de las catedrales tienen movimiento pero no tienen pulso. Puede que los animales sean máquinas biológicas, como pensaba Descartes, pero máquinas con pulso.

Uno de los más apasionantes descubrimientos científicos de la historia es el de la circulación de la sangre por el cuerpo humano. Aunque nos parezca ahora increíble, porque lo estudiamos de pequeños, hasta el siglo XVI no se supo qué relación había entre el aire que respiramos y los cinco litros de sangre que circulan por nuestro cuerpo.

En parte, el problema estaba en la autoridad de Galeno, el médico de Pérgamo que murió en Roma en el año 200. Desde entonces y hasta que llegó Andreas Vesalio, todo lo que decía Galeno era doctrina indiscutible. En el caso de la circulación de la sangre el problema no era que Galeno y los médicos europeos de la Edad Media no hicieran disecciones de personas. El circuito sanguíneo es el mismo en todos los mamíferos y Galeno abría macacos y cerdos. Pero los disecaba después de muertos y el estudio de la fisiología se realiza sobre los vivos.

Galeno creía que la sangre era fabricada por el hígado a partir del alimento digerido, previamente purificado por los riñones, aunque una parte de los desechos iba al bazo para la fabricación de la bilis negra. Desde el hígado, parte de la sangre se dirigía a la periferia del cuerpo, y parte al ventrículo derecho del corazón. Desde aquí pasaba al ventrículo izquierdo, que la enviaba a la periferia del cuerpo también. De hecho, Galeno ni siquiera tenía la noción de que la sangre se moviera por un circuito cerrado, sino que pensaba que no había retorno al centro del cuerpo (el corazón y el hígado) desde la periferia.

Toda la cuestión del flujo de la sangre por el cuerpo tenía que ver con el tabique que separa los dos ventrículos del corazón. Galeno había dejado sentado que este septo estaba acribillado de poros, y que por esos poros pasaba la sangre directamente del ventrículo derecho al izquierdo. Y nadie se había puesto a comprobar *ob oculos* si era cierto lo que decía el venerado maestro. La ciencia empieza, sin embargo, cuando el alumno comprueba si lo que dice el maestro es verdad, y con más razón si el maestro vivió más de mil años antes.

Esta actitud rebelde (pero compatible con el respeto) se llama escepticismo científico y constituye uno de los dos pilares de la ciencia tal y como la conocemos hoy. Pero advierto que no hay que confundir el escepticismo científico con el no creer en nada, o creer que nada se puede saber. El escepticismo científico es un método para llegar a la verdad cuestionando el criterio de autoridad, o sea, comprobándolo todo, porque la otra columna de la ciencia es la observación y la experimentación. Hay que oponerse a la autoridad del maestro con datos incuestionables, no por fastidiar. Y el padre del escepticismo científico es Descartes en su *Discurso del método*.

Leonardo da Vinci llevó a cabo muchas disecciones, que se tradujeron en dibujos anatómicos bellísimos, que nunca publicó, en los que representa la función de los músculos en términos puramente mecanicistas, es decir, como cuerdas que tiran de palancas. Se trata de una anatomía del aparato locomotor que no es estática, sino dinámica. Es decir, una anatomía que es a la vez fisiología, una anatomía funcional, y en la que Leonardo se muestra como el ingeniero que también era.

Leonardo se interesó por el corazón en 1505 y 1506. No fue capaz de ver los poros de los que hablaba Galeno, por lo que llegó a la conclusión... de que eran invisibles. Había cumplido con el mandamiento de observar y experimentar, pero le faltó el atrevimiento del escéptico, el otro mandamiento. Si los poros no se podían ver, ¿no sería que no existían?

En España tuvimos en el Renacimiento médicos ilustres, como el citado Bernardino Montaña de Monserrate, que se atuvieron a la doctrina del maestro Galeno sin someterla a la crítica. De hecho, un médico segoviano, Andrés Laguna, fue calificado como el «Galeno español» por su conocimiento de las doctrinas del médico de Pérgamo, de cuya obra publicó en latín un *Epitome* (resumen), muy celebrado en

toda Europa. Laguna practicaba disecciones y se interesó por los flujos de la sangre, aunque sin ir más allá de los autores clásicos. Andrés Laguna es conocido sobre todo en la historia de la medicina porque tradujo al español y comentó la obra clásica del griego Pedacio Dioscórides Anazarbeo titulada *Acerca de la materia médica medicinal y de los venenos mortíferos*. El Dioscórides de Laguna es un libro extraordinario, que pone de manifiesto los grandes saberes del médico segoviano.

Pero el gran revolucionario de la anatomía humana, hasta el punto de que se puede decir que fue él quien descubrió el cuerpo humano, fue Andreas Vesalio, nacido en Bruselas en 1515, y condiscípulo de Andrés Laguna en la Universidad de París. Nuestro querido Juan Valverde de Amusco siguió los pasos de Vesalio, pero ya veremos que no en todo. Así es como debe hacerse con los maestros: subirse sobre sus hombros para ver más lejos.

## El recalcitrante aragonés

Antes tengo necesariamente que hablar de un español ilustre, el teólogo y médico Miguel Serveto, también conocido como Miguel Servet, nacido en Villanueva de Sijena (hoy provincia de Huesca) en 1511. Servet murió en la hoguera en Ginebra, condenado por Calvino. No quiso retractarse de sus escritos para que le perdonaran la vida. Es decir, murió como un recalcitrante. Servet era un hereje entre los herejes y tuvo el privilegio de ser condenado a muerte tanto por los católicos como por los protestantes. Su herejía, tanto para los unos como para los otros, consistía en creer que Jesús era hijo de Dios eterno, pero no hijo eterno de Dios. Me gustan estos temperamentos recalcitrantes, aunque el precio que se paga es excesivo: que te quemen vivo.

El caso es que Servet publicó un libro teológico titulado *Christianismi restitutio* en 1553, y este libro contiene la primera descripción impresa de la circulación pulmonar. Quedan tres ejemplares (y solo dos están completos) de los ochocientos que se imprimieron; los demás fueron a la hoguera como su autor. Así es como explica nuestro Servet la circulación pulmonar o menor de la sangre: «Se genera en los pulmones de una mezcla de aire inspirado

con sangre sutil elaborada que el ventrículo derecho del corazón transmite al izquierdo. Sin embargo esta comunicación no se hace a través de la pared media del corazón, como se cree corrientemente, sino que por medio de un magno artificio la sangre sutil es impulsada hacia delante desde el ventrículo derecho por un largo circuito a través de los pulmones».

En resumen, el aragonés se dio cuenta de que la sangre no pasaba directamente del ventrículo derecho del corazón al izquierdo, a pesar de tenerlo al lado, porque el tabique que los separa está totalmente cerrado, dijera lo que dijera Galeno. Por ello, la sangre tiene que dar una amplia vuelta pasando por los pulmones, donde se oxigena, como decimos hoy. Para llegar a esta conclusión se necesitaba escepticismo científico en grandes dosis, y mucha práctica de la disección, que Servet llevó a cabo en la Facultad de Medicina de la Sorbona de París.

Ese es el primer libro impreso que defiende la circulación menor, como decimos, pero no la primera vez que se propuso, porque mucho antes de que se inventara la imprenta un árabe de Damasco del siglo XIII llamado Ibn an-Nafis precedió a Servet. Sin embargo, José Barón Fernández,[4]a quien sigo en este apartado, no cree en absoluto que Servet tuviera noticia del descubrimiento que había hecho el médico damasceno.

Como dije más arriba, la gran revolución en el conocimiento anatómico vino en 1543 con Vesalio y su libro *De humani corporis fabrica*. Sin embargo, en esta primera edición Vesalio no se atreve a romper con la doctrina de Galeno de los poros que comunican los dos ventrículos, aunque se declara incapaz de verlos. En la segunda edición de la *Fabrica*, la de 1555, ya ve los poros pero no aprecia que atraviesen de parte a parte el septo interventricular, aunque tampoco lo niega.

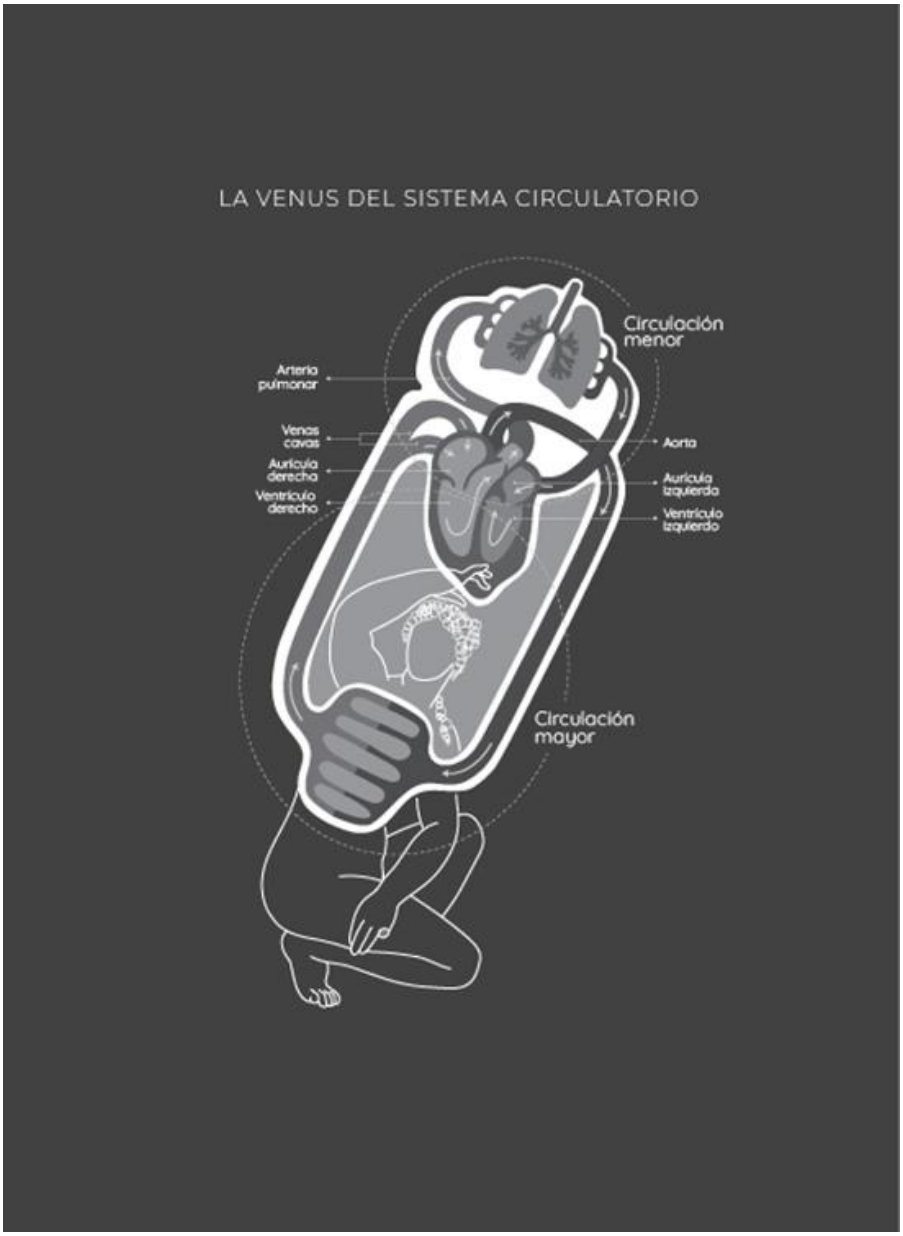
Poco después de la *Fabrica*, Valverde de Amusco publica (en 1556) en Roma su *Historia de la composición del cuerpo humano* y en ella describe la circulación pulmonar con todo detalle, refutando lo que Vesalio había admitido a regañadientes, es decir, que hubiera poros por los que la sangre pudiera pasar del ventrículo derecho al izquierdo.

Valverde defiende su teoría aludiendo a las investigaciones llevadas a cabo por él junto con su maestro Realdo Colombo, un italiano de Cremona. Como buen científico, Valverde recurre a la

observación y a la experimentación, y no rehúye el escepticismo sano a la hora de poner en tela de juicio el criterio de autoridad: «[…] pero si hicieran la experiencia de ello, como yo muchas veces he hecho con el Realdo así en animales vivos como en muertos, hallaran que […]».

No obstante, el maestro de historiadores de la medicina españoles Pedro Laín Entralgo considera que Valverde supo de la circulación menor por su maestro italiano.[5]Realdo Colombo publicaría su propia anatomía (*De re anatomica*) tres años más tarde, defendiendo la circulación pulmonar con los mismos argumentos y expresiones que Servet en su libro. Por eso José Barón Fernández está muy convencido de que Valverde y Colombo leyeron a Servet aunque ninguno de ellos cita su *Restitutio*, según Barón para no tener problemas con la Inquisición.

Es una especulación razonable, pero como dice el propio Barón solo hay dos hechos incuestionables: Servet fue el primero en dar a conocer en un libro impreso la teoría de la circulación pulmonar de la sangre y Valverde fue el segundo en hacerlo.




## Los movimientos del corazón

Hubo que esperar a que cambiara el siglo y se entrara ya en el Barroco para que el inglés de Folkestone (en el condado de Kent) William Harvey describiera la circulación general de la sangre en su obra de 1628 *De motu cordis*, como se la conoce abreviadamente. La sangre,

proclamó Harvey, sale del corazón por la arteria aorta y vuelve al corazón por la vena cava.

Descartes fue uno de los primeros, si no el primero, en reconocer a Harvey como autor del descubrimiento de la circulación general de la sangre en su *Discurso del método* de 1637, aunque discrepaba de Harvey en la interpretación de los movimientos del corazón... y se equivoca Descartes. Y es que mientras que para Harvey el corazón funcionaba como una bomba hidráulica, para Descartes era un horno. Descartes no podía comprender la contracción involuntaria y rítmica del músculo cardíaco, funcionando por su cuenta, y pensaba que lo que hacía el corazón era calentar instantáneamente la sangre que entraba en él, con lo que se volvía más fina y aumentaba de volumen, provocando que el corazón se hinchara y finalmente la sangre saliera del corazón hacia el resto del cuerpo por los vasos sanguíneos. La idea de que el corazón es un órgano que tiene un *calor innato* es muy antigua y se remonta a Galeno.

Para Descartes, en resumen, el corazón funcionaba un poco como los motores de explosión modernos. Era una explicación completamente mecanicista, pero errónea, porque lo que mueve la sangre es la contracción involuntaria del músculo del corazón, no el calentamiento de la sangre que entra.

Descartes, en resumen, explicaba los movimientos del corazón, es decir, las fases del ciclo cardíaco, al revés que Harvey, y erraba gravemente. Para Descartes era la diástole, o expansión del corazón, lo que expulsaba la sangre del corazón, mientras que Harvey acertaba al decir que era la sístole ventricular, la contracción de los ventrículos del corazón, lo que hacía que la sangre saliera por las arterias.

Con todo, la teoría de Descartes de los movimientos del corazón, aunque errónea, era compatible con la idea de que el cuerpo humano es también una máquina.

Faltaba todavía por ver cómo se comunicaban las arterias más finas con las venas más finas, porque nadie era capaz de entenderlo, hasta que lo consiguió en 1661 Marcello Malpighi, de Bolonia, estudiando la circulación menor de la sangre de la rana con la ayuda de un microscopio muy primitivo. Esa comunicación entre arteriolas y vénulas se hacía a través de los capilares sanguíneos, que eran microscópicos. De este modo, la sangre que salía del corazón podía volver al corazón.

Finalmente, el holandés Anton van Leeuwenhoek, de Delft (vecino y amigo del famoso pintor Johannes Vermeer), aunque no era un científico de profesión ni de estudios, sino un comerciante de paños, fabricó un microscopio mucho más potente que todos los anteriores, con el que pudo ver los glóbulos rojos y los capilares, y publicó en 1688 los detalles de la circulación capilar. Me siento muy ligado a este amigo de Vermeer, porque en una rocambolesca historia que daría para otro libro el médico gallego Tomás Camacho descubrió uno de los microscopios originales de Anton van Leeuwenhoek, que exhibimos en su día en una exposición temporal dedicada al tema en el Museo de la Evolución Humana de Burgos.

La ciencia lo había conseguido: el circuito sanguíneo se había cerrado.

## Rick Deckard

Descartes sabía que era imposible construir una máquina que hablara propiamente, aunque la leyenda quiera que la Francine mecánica dijera palabras con sentido. Escribe Descartes:

> Y aquí me extendí particularmente, haciendo ver que, si hubiese máquinas tales que tuviesen los órganos y figura exterior de un mono o de otro cualquiera animal desprovisto de razón, no habría medio alguno que nos permitiera conocer que no son en todo de igual naturaleza que esos animales [es decir, no se puede saber si un mono es artificial cuando está bien hecho, razona Descartes]; mientras que si las hubiera [unas máquinas] que semejasen a nuestros cuerpos e imitasen nuestras acciones, cuanto fuere moralmente posible, siempre tendríamos dos medios muy ciertos para reconocer que no por eso son hombres verdaderos; y es el primero que nunca podrían hacer uso de palabras ni otros signos, componiéndolos, como hacemos nosotros, para declarar nuestros pensamientos a los demás, pues si bien se puede concebir que una máquina esté de tal modo hecha que profiera palabras, y hasta que las profiera a propósito de acciones corporales que causen alguna alteración en sus órganos, como, *verbi gratia*, si se la toca en una parte, que pregunte lo que se quiere decirle, y si en otra, que grite que se le hace daño, y otras cosas por el mismo estilo, sin embargo, no se concibe que ordene en varios modos las palabras para contestar al sentido de todo lo que en su presencia se diga, como pueden hacerlo aun los más estúpidos de entre los hombres.

Parece que está pensando todo el tiempo en su llorada Francine, a la que después de todo no fue capaz de devolver a la vida con la réplica que fabricó, ¿verdad? Pero recordemos que solo es una leyenda.

La diferencia entre el animal y el humano no está en el cuerpo, que es una máquina en los dos casos, sino en la razón, la materia pensante, que a diferencia de la materia extensa solo la tienen las personas.

Descartes dice:

> Es también una cosa muy notable que, aunque hay animales que muestran más ingenio que nosotros en algunas de sus acciones, sin embargo no muestran ninguno en muchas otras acciones. Así que lo que hacen mejor que nosotros no prueba que tengan espíritu, porque de ser así tendrían más que cualquiera de nosotros y harían mejor todas las demás cosas, sino que prueba que no tienen espíritu y que es la naturaleza la que actúa en los animales de acuerdo con la disposición de sus órganos, del mismo modo que un reloj, compuesto sólo de ruedas y resortes, puede contar las horas y medir el tiempo más exactamente que nosotros con toda nuestra prudencia.

Siempre la máquina como espejo del cuerpo en el pensamiento de Descartes. La perfección de los animales es como la del reloj: una perfección especializada, mientras que la nuestra es versátil.

Una de las grandes películas de ciencia ficción, para mí la mejor (incluso de la historia del cine en su totalidad), es *Blade Runner*, dirigida por Ridley Scott en 1982. La película está basada, aunque sería mejor decir inspirada, en la novela *¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas?* (1968), de Philip K. Dick. La acción de la novela sucede en San Francisco en 1992, después de una devastadora guerra nuclear que ha hecho que la mayor parte de los humanos sobrevivientes se hayan trasladado a vivir en colonias en otros planetas, sobre todo Marte, dejando tras de sí las ciudades terrestres en gran parte vacías.

Ya no quedan casi animales y por eso son muy apreciados. Deckard tuvo una oveja auténtica pero se le murió y la tuvo que sustituir por una réplica mecánica. Ahora sueña con reunir el dinero necesario para comprarse un animal vivo. Su posesión da prestigio social.

En esas colonias-mundo extraterrestres los humanos son auxiliados (o servidos) por androides, algunos de los cuales matan a sus dueños, se escapan y viajan a la tierra fuera de control, por lo que tienen que ser *retirados*. El protagonista de la novela es un policía de San Francisco que tiene la misión de eliminar seis androides (*replicantes*) de la línea Nexus-6, la más avanzada hasta el momento, y, por decirlo de alguna manera, también la más *humana*. Como policía

tiene un sueldo muy bajo, pero lo aumenta cobrando primas por *retirar* androides, que es a lo que se dedica. A tanto por cabeza, como los cazarrecompensas del salvaje Oeste. Con el dinero que le paguen podrá cumplir su ilusión de adquirir un animal vivo.

El nombre del policía es Rick Deckard, que puede que de entrada no le diga nada, pero párese a pensar un momento. Descartes se pronuncia en francés *decart*, que suena muy parecido a Deckard, y también el nombre de pila Rick recuerda a René. Toda la novela es una reflexión sobre cómo distinguir un ser humano de un androide, que es una máquina, a fin de cuentas, aunque tenga aspecto y comportamiento humanos y esté fabricado con materiales biológicos. Pero como no se ha conseguido que sus células se reproduzcan, los androides sufren un continuo desgaste conforme se van muriendo las células, y por eso tienen una vida de pocos años. Estoy hablando siempre de la novela, la película es bastante diferente en los detalles, aunque no en lo esencial. En la novela no hay duda alguna de que Deckard es una persona, pero la película no lo deja claro, y de hecho parece sugerir que Deckard es otro *replicante* (aunque el actor que representa al personaje, Harrison Ford, se opone a esta interpretación). Sobre este punto de la identidad de Deckard hay mucha discusión en las páginas de internet.

Para distinguir a los androides de los humanos se utiliza el test de Voight-Kampff, que detecta la incapacidad que tienen los replicantes de sentir empatía, a diferencia de los seres humanos, que nos compadecemos del dolor ajeno porque somos capaces de ponernos en el lugar del otro y experimentar en nosotros mismos lo que sienten los demás. En esto se diferencia el test que usa Deckard del que utilizaría Descartes, porque para el filósofo francés lo que cuenta es la capacidad de razonar, y esa ya la tienen los androides. Ellos también podrían decir aquello de «Pienso, luego existo». De hecho, la androide Pris dice en *Blade Runner*: «Pienso, luego soy humana».

Pris, o cualquiera de los replicantes, pasaría sin problemas el famoso test del inglés Alan Turing (uno de los padres de la informática) para distinguir a un ser humano de una computadora, que consiste simplemente en mantener una conversación. Alan Turing, en realidad, argumenta como Descartes porque utiliza la razón como criterio para definir al ser humano. Pero nadie sería capaz de descubrir conversando que un androide no razona como un ser

humano.

El test de Voight-Kampff no mide la racionalidad de las respuestas, su lógica, sino la reacción puramente biológica, corporal, ante situaciones imaginarias en las que un animal o una persona padecen. En los androides los sensores que se les aplican no registran respuestas emocionales ante el dolor ajeno, y si se producen lo hacen con retraso, de donde se deduce que son simuladas (es decir, programadas). Lo que no podrían decir los androides de la novela es «Siento empatía, luego soy humano».

No podemos aplicar el test de Voight-Kampff a los animales, porque no hablan, pero seguramente algunos animales tienen empatía, por lo que serían humanos según ese criterio.

El filósofo inglés John Locke (de la siguiente generación a Descartes) también se preocupaba por qué cosa es la que nos proporciona la identidad a cada uno de los seres humanos, y llegaba a la conclusión de que son los recuerdos. Existimos cada uno de nosotros como individuos desde el primero de los recuerdos que conservamos. Antes del primer recuerdo «no éramos nosotros».

En *¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas?* también se trata esta cuestión filosófica, porque los androides de última gama están dotados de recuerdos, aunque no sean suyos sino inventados o tomados de personas, ya que los androides son fabricados adultos (no crecen desde niños). A la mujer androide Rachel, por ejemplo, se le han implantado los recuerdos de la sobrina de su creador y se cree que es ella. De hecho el argumento que utiliza, y que utilizaríamos cualquiera de nosotros, es el de que no es una máquina porque se acuerda de cuando era pequeña.

Por lo tanto, según la idea de Locke, estos androides con recuerdos serían también humanos, como lo sería cualquier androide al que le trasplantaran los recuerdos de cada uno de nosotros.

Como puede verse, hay mucha filosofía en la buena ciencia ficción.[6]

Para terminar, en la novela los humanos utilizan el *Penfield mood organ* (aparato de Penfield para los estados de ánimo) con el fin de manejar sus propias emociones activando determinadas áreas del cerebro. Wilder Penfield fue un neurocirujano, amigo de Santiago Ramón y Cajal, del que volveremos a hablar al final de este libro.

Lámina de Gaspar Becerra en *Historia de la composición del cuerpo humano*, de Juan Valverde de Amusco.

# LA PIERNA

*Todo el mundo sabe dónde está la pantorrilla, que es la masa carnosa situada entre la rodilla y el tobillo, en la parte de atrás de la pierna. Ahí se aprecian bien los dos gemelos, que es como se llama popularmente a los dos vientres del músculo gastrocnemio. Y es de dominio público que los gemelos se insertan en el hueso del talón (el calcáneo) por medio del tendón de Aquiles. La pierna tiene por delante un borde óseo afilado, que llamamos espinilla y que no es otra cosa que la cresta de la tibia. Hay más músculos interesantes, pero yo tengo particular interés en que se fije en el músculo tibial anterior. Cuando damos una zancada atacamos con el talón y levantamos los dedos y ahí interviene el m. tibial anterior, que es todo él subcutáneo y se puede palpar en la parte exterior de la tibia. Existen tres géneros de palancas y los tres se encuentran en el cuerpo humano, que es una gran máquina. Aquí veremos una palanca de segundo género, como una carretilla. Cuando levantamos el talón del suelo para dar un paso o para ponernos de puntillas es como si levantáramos la carretilla.*

## Los tobillos

Si lo piensa un momento parece casi un milagro que podamos ponernos de puntillas, como si algo tirara de nosotros desde arriba, una especie de grúa con un gancho que nos elevara. Me recuerda a lo que se lee en *Las aventuras del barón de Münchhausen*, cuando intenta saltar a caballo una ciénaga:

> Así lo hice, pero también en el segundo intento el salto fue demasiado corto y no pude evitar caer con el caballo no lejos de la otra orilla, hundiéndome hasta el cuello en la ciénaga. Sin ningún árbol ni rama alguna a la que asirme, caballo y yo hubiéramos muerto irremisiblemente de no haber sido porque, recurriendo a toda la fuerza de mi brazo, así con él mi coleta y tiré con toda mi energía hacia arriba, pudiendo de esta forma salir de la ciénaga con mi caballo, al que también conseguí sacar apretándolo fuertemente entre mis rodillas hasta alcanzar la otra orilla.

¿Cómo podemos levantarnos sobre nuestros dedos de los pies sin tirarnos de la coleta? La respuesta está en la biomecánica, pero hace falta un suelo firme para que podamos hacerlo, no funciona en una ciénaga.

Así pues, empezaremos nuestros estudios de biomecánica por la pierna. Con este término se denomina en español a todo el miembro inferior, incluyendo el muslo, o solo a la parte que está por debajo de la rodilla, lo que se llama más propiamente el segmento distal, o sea, el que está más alejado del tronco. El segmento distal del brazo es el antebrazo, pero no existe en castellano el término «antepierna». Usamos en cambio el vocablo «pantorrilla», pero se refiere a la cara posterior (o dorsal) del segmento distal del miembro inferior. Valverde de Amusco escribe:

> Desde la rodilla a la garganta del pie hay dos huesos, que responden a los dos del brazo, del codo a la mano. De los cuales el uno está en el lado de dentro de la pierna y es el más grueso. El cual los latinos llaman comúnmente tibia, nosotros la espinilla o la mayor cañilla de la pierna, por ser más grueso que el otro, que está hacia fuera, el cual los latinos llamaron sura o fíbula; nosotros para evitar confusiones le llamaremos siempre la menor cañilla de la pierna [el peroné].

Seguiremos pues a Valverde de Amusco, que distingue la pierna del muslo, y aplicaremos ahora el término «pierna» solo al segmento del miembro inferior donde se encuentran «las cañillas». En latín, «pierna», en este sentido, se dice *crus*; «pie» se dice *pes*; «muslo», *femur* (no hay tilde en latín); «rodilla», *genu*, y «cadera», *coxa*.

Sin embargo, en otras partes del libro me veo obligado a utilizar la palabra «pierna» para referirme a toda la extremidad o miembro inferior, y la palabra «brazo» para toda la extremidad o miembro superior, porque es así como se llaman las extremidades en castellano cuando nos referimos al conjunto de los dos segmentos que las componen. Estoy seguro de que el lector sabrá distinguir cuándo utilizo los términos «pierna» y «brazo» para una parte del miembro correspondiente y cuándo para la totalidad del mismo.

Sobre el pie está el tobillo y no hace falta ser una eminencia de la anatomía para distinguir dos prominencias que se llaman maléolos. Se ven bien porque sobresalen mucho a los lados, y duelen cuando reciben golpes. El término es un diminutivo de «martillo» o «mazo» en latín. Uno de los maléolos, el maléolo externo (el lateral), pertenece al

extremo del peroné, y otro, el maléolo interno (el medial), al de la tibia. Este último es el más marcado. Por cierto, en inglés el «peroné» se llama *fibula* como en latín.

Me pregunto hasta qué punto está generalizado el término «maléolo» y si lo conoce todo el mundo. Yo creo que cada vez más gente. «Maléolo» es una palabra latina que significa 'martillo' (en diminutivo) por la forma de saliente que tiene. Sin embargo, también disponemos del término castellano «tobillo», que es el que Valverde de Amusco utiliza en su libro de anatomía. Al maléolo del peroné Valverde lo llama el «tobillo de fuera», y al maléolo de la tibia «tobillo de dentro», del que dice «que mira a la otra pierna». Use estos términos (tobillo de fuera y tobillo de dentro) si le parece, así le estará haciendo un homenaje a nuestro gran anatomista.

## Un espectáculo

Como ya sabemos, la tibia se relaciona con el astrágalo del pie, que tiene una superficie superior de articulación en forma de polea o carrete, que se llama tróclea. Gracias al juego de esta articulación (la tibia con el astrágalo) el pie puede hacer los movimientos de flexión dorsal (pie hacia arriba) y de flexión plantar (pie hacia abajo). El eje transversal de giro para estos dos movimientos pasa por el maléolo interno (el de la tibia) y por el maléolo externo (el del peroné). Si toca ahora mismo esos dos puntos a la vez y dobla el pie hacia arriba o hacia abajo entenderá lo que quiero decir con eje transversal de giro.

Me hace gracia pensar en el espectáculo que damos usted y yo con este libro. Al escribirlo yo me voy tocando partes del cuerpo, como le pido a usted que haga al leerlo.

## Los ejes cartesianos del pie

¿No nos recuerda todo esto a los autómatas que tan bien se le daba construir a Descartes según la leyenda de su hija Francine? Ellos, los autómatas, también podrían realizar fácilmente estos movimientos de flexión hacia arriba y hacia abajo del pie. Bastaría, para que las dos piezas encajen y hagan juego, con ponerles una superficie de

articulación semejante a la polea del astrágalo (con un surco en el medio, como toda polea) y la correspondiente superficie articular de la tibia, que reproduce a la inversa (con una cresta en el medio) la tróclea del astrágalo.

Se trata de un tipo de articulación que se llama en charnela o bisagra, y que solo permite un movimiento. Solo tiene un grado de libertad. No es la única. Aunque sea adelantar acontecimientos, tiene usted otra polea maravillosa en la articulación del codo. Y las articulaciones de las falanges de los dedos también son en polea, charnela o bisagra. Todas esas articulaciones solo tienen un grado de libertad: flexión o extensión.

Pero sería fácil que a nuestro autómata se le desplazara la articulación de su tobillo mecánico hacia los lados si la polea no estuviera sujeta de alguna manera. No sería un autómata muy estable el que no tuviera un mecanismo de control lateral de la polea del tobillo. Recuerde que solo le podemos permitir un movimiento: flexión/extensión. En otras palabras, con el fin de evitar que la polea se salga, el autómata necesitaría unas sujeciones rígidas a los lados, que actuaran como una tenaza que diera estabilidad a la articulación, y eso precisamente es lo que hacen los dos maléolos, que se articulan por medio de sendas facetas o caras articulares con la tróclea del astrágalo en sus dos costados y hacen de tope.

En anatomía se dice que la tibia y el peroné forman la mortaja que encaja exactamente con la tróclea del astrágalo en un prodigio de la biomecánica. A mí me sigue admirando la perfección de la articulación del tobillo, tan estable. El pie no se sale nunca de la mortaja, afortunadamente.

Ahora entenderá mejor la importancia de los sufridos maléolos, los tobillos, que con tanta frecuencia chocan con objetos y nos producen intenso dolor (especialmente si se juega al fútbol, que es un deporte que se practica dando patadas al balón... o al jugador contrario).

Ese autómata del que hablamos con una articulación en bisagra podría realizar únicamente movimientos de flexión y extensión de su pie metálico o de madera. Sin embargo, somos capaces de mover el pie en muchas direcciones, como supongo que está experimentando ahora. Nuestro pie es mucho más complejo que el del autómata, tiene muchos más grados de libertad.

La explicación es que el pie humano puede realizar otros movimientos en los que la articulación que interviene no es la que acabamos de describir, con su eje transversal, sino la articulación que relaciona la cara inferior del astrágalo con la cara superior del calcáneo. Dos de esos movimientos se desarrollan en torno al eje longitudinal del pie:

1. La pronación: bajar el borde interno del pie y elevar el externo o, dicho de otro modo, orientar la planta del pie hacia fuera. En esta posición el canto interno del pie, incluyendo el dedo gordo, queda en contacto con el suelo.
2. La supinación, que es lo contrario: borde interno elevado y planta orientada hacia dentro. El dedo gordo queda en el aire.

Quizás le haya sucedido que ha ido a comprarse unas zapatillas de correr y le han preguntado si es usted supinador, pronador o normal. Si es así, entonces ya lo sabe. Si no, lo acaba de aprender.

Además, si imaginamos un tercer eje de giro, que es el vertical, la parte anterior del pie puede rotar hacia dentro o rotar hacia fuera.

Seguro que ha caído en la cuenta de que el movimiento de la punta del pie hacia fuera y hacia dentro también se puede producir con giros de la rodilla y de la cadera, pero son articulaciones distintas de la que estamos tratando ahora, que es la del astrágalo con el calcáneo.

Ya me lo imagino a usted haciendo esos movimientos de pie y despertando la extrañeza en quienes tenga al lado. Y hablando de los tres ejes del espacio, fue a nuestro amigo Descartes a quien se le ocurrió utilizarlos en geometría, de manera que cada punto en el espacio geométrico esté definido por tres coordenadas, cada una de las cuales corresponde a uno de los *tres ejes cartesianos*. La próxima vez que vea una gráfica acuérdese de Descartes.

## El punto débil de Aquiles

Explorar la tibia es fácil. La tibia tiene una sección triangular y se pueden seguir muy bien su borde anterior (cresta tibial anterior), su

borde interno (el medial) y hasta un poco de la cara posterior, si metemos el dedo por detrás del borde interno. El borde anterior termina por arriba (en su parte proximal) en un abultamiento óseo muy fácil de notar que se llama tuberosidad de la tibia, debajo de la rótula. Sobresale mucho, tóqueselo ahora, no hay forma de que se equivoque. En cambio el peroné se presta menos a la palpación, pero lo podemos tocar en sus dos extremos: por encima del maléolo lateral y por debajo de la rodilla. Me imagino al lector o lectora explorando su cuerpo con disimulo mientras lee estas páginas en algún transporte público. Hasta aquí no es algo demasiado indiscreto, salvo que quiera descalzarse, pero por encima de la pierna están el muslo, la cadera, los genitales externos, el pecho, etc., y de todo eso tenemos que hablar porque también es anatomía humana.

La parte posterior de la pierna es lo que en castellano se llama la pantorrilla: «parte carnosa y abultada de la pierna, por debajo de la corva», como dice el diccionario de la Real Academia. Ahí es donde está el secreto de que podamos ponernos de puntillas, y hasta bailar sobre las puntas de los dedos de los pies, como si fuéramos el barón de Münchhausen pero sin tener que tirarnos de la coleta, y siempre que el suelo esté duro, porque en caso contrario se hunde el pie, como le pasaba al caballo del barón.

Es decir, la pantorrilla está formada por músculos que levantan el talón y flexionan los dedos del pie, entre los que destacan los «gemelos», dos *bolas* que sobresalen en la pantorrilla. A veces sufrimos calambres dormidos (o haciendo deporte) porque se nos «suben los gemelos», como se dice. Ese músculo con dos cabezas se llama técnicamente **gastrocnemio**, y por debajo del m. gastrocnemio hay otro que también es conocido popularmente, aunque solo sea por las lesiones que sufren los deportistas famosos, y se llama m. **sóleo**. Ambos terminan en un tendón recio, el del calcáneo o de Aquiles, que va al talón.

En la guerra de Troya, Paris acaba con Aquiles clavándole una flecha en el talón, que era la única parte de su cuerpo vulnerable, aunque esta historia no está narrada en la *Ilíada* de Homero, sino en un poema del siglo I.

Por debajo del m. gastrocnemio y del m. sóleo hay una capa muscular profunda con tres músculos que también contribuyen a la flexión plantar del pie. Uno de ellos, llamado m. **tibial posterior**, es,

además, supinador, y ya sabemos lo que significa esa palabra: eleva el borde interno del pie y orienta la planta hacia dentro.

La flexión plantar es importantísima para caminar, porque hay que dar un empujón final al pie para que salga despedido hacia delante, describiendo un arco en el aire —como un péndulo— hasta que vuelve a posarse el talón en el suelo. Ese impulso lo da el dedo gordo, mientras los otros cuatro dedos actúan estabilizando el pie en ese momento tan delicado.

Si quiere saber más sobre los músculos de la pantorrilla puede consultar el «Apéndice 1». No es un texto difícil, pero también lo puede leer en otro momento, cuando acabe el capítulo, por ejemplo.

Si miramos una pantorrilla humana apreciaremos lo bien definidos que están los gemelos y el tendón de Aquiles. En los simios tal definición no existe. Supongo que, si viéramos a un australopiteco, los gemelos sobresaldrían también algo, puesto que eran bípedos, aunque su peso era muy inferior al nuestro, ya que iría de unos treinta kilos en las hembras más pequeñas como Lucy a cincuenta en los machos más robustos. Sin embargo, no recuerdo haber visto representaciones de australopitecos hechas por los llamados «paleoartistas» (especialistas en pintar o esculpir reconstrucciones de fósiles) en las que las pantorrillas estuvieran tan definidas como en nuestra especie y tuvieran los tobillos «finos», con los maléolos bien marcados.[1]

Si queremos comparar a nuestra especie con los chimpancés, y puesto que nosotros somos los «monos desnudos», es una buena idea buscar en internet imágenes de chimpancés que sufran de alopecia patológica de todo el cuerpo. Ahí podremos observar lo fuertes (musculosos) que son de cintura para arriba y lo débiles que son de cintura para abajo, al contrario que los seres humanos. Nosotros *somos* unas piernas con torso y brazos, y los chimpancés *son* un torso y unos brazos con piernas, reflejando esta desproporción el hecho de que nosotros caminamos sobre nuestras piernas en el suelo y ellos se cuelgan de las ramas con los brazos.

Para demostrarlo no tenemos más que pesar los músculos que mueven las piernas y los brazos y comparar sus pesos relativos. Resulta así que en el orangután los músculos que mueven los brazos representan el 46 % del peso muscular total del cuerpo, y los que mueven las piernas el 35 %. Esas proporciones, en relación con la

masa muscular, son del 37 % y 43 % en los gorilas, del 36 % y del 46 % en los bonobos, y del 20 % y el 60 % en los seres humanos.[2]

## Los músculos anteriores y laterales de la pierna

Una vez conocidos los músculos que realizan la flexión plantar del pie y que están en la parte posterior de la pierna (en la pantorrilla), nos quedan los músculos de la parte anterior, que son los extensores (o flexores dorsales del pie) y los del peroné, en una posición más lateral. La función de los primeros no hace falta explicarla, la de los segundos es la pronación, o sea, bajar el arco interno de la planta del pie. Valverde de Amusco se refería a la función de los músculos como su oficio, y me gusta mucho la expresión.

Vuelva a palpar por favor el borde anterior de la tibia, o sea, la espinilla, desde la tuberosidad tibial, que está debajo de la rótula, hacia abajo. Lateralmente a ese borde tibial anterior (una verdadera cresta) se encuentran los tres músculos extensores del pie, que realizan la flexión dorsal del mismo, es decir, doblan el pie hacia arriba (cuando el pie está en el aire, se entiende, porque si está firmemente apoyado aproximan la pierna al pie, como sucede cuando esquiamos e inclinamos la pierna hacia delante con el pie plantado en el suelo; en cualquiera de los dos casos cierran el ángulo que forman el dorso del pie y la espinilla).

Para identificar los tres extensores no vamos a buscar el vientre de esos músculos, sino su tendón. Y los tres tendones son fáciles de localizar. El tendón del músculo **tibial anterior** lo encontrará si prolonga el borde anterior de la tibia en el pie. Es un tendón espectacular y muy visible que, como sucede con los tendones, parece al tacto un hueso, pero los huesos no se mueven cuando contraemos los músculos. Dado que el tendón del tibial anterior termina en el arco interno del pie, al tirar de ese tendón se produce también supinación del pie, es decir, el arco interno se levanta y el externo se apoya. El vientre («la carne») del m. tibial anterior se puede palpar sin problemas al lado de la cresta tibial o espinilla. Por *culpa* de este músculo no podemos palpar la cara externa de la tibia como hacíamos con su cara interna.

Me atrevo a pedirle que se quede con el nombre de este músculo

que acabo de citar, el tibial anterior, porque es uno de los *grandes* en la locomoción bípeda. Si da una zancada muy larga, exagerada, observará que cuando la pierna adelantada va a tocar el suelo con el talón, el pie está en extensión, es decir, con la punta levantada hacia arriba. Ese trabajo lo hace el tibial anterior junto con los dos músculos del siguiente párrafo.

Más adelante en este libro hay una figura de Susana Cid en la que se explican los movimientos de la marcha bípeda y los músculos que intervienen. Conviene tenerla siempre marcada para cualquier consulta (figura *Los siete magníficos de la locomoción bípeda*).

No tiene ninguna dificultad tampoco localizar el tendón del m. **extensor largo del dedo gordo**, solo hay que flexionarlo dorsalmente ¡con el pie descalzo! y mirar, y lo mismo pasa con los cuatro tendones del m. **extensor largo de los dedos**, uno para cada dedo.

Solo nos faltan los músculos laterales de la pierna, que llevan el nombre de m. **peroneo largo** y m. **peroneo corto**. Ya se puede imaginar por dónde corren: por el lado del peroné, es decir, por el lado externo, naturalmente. Hablo un poco de ellos en el «Apéndice 2». También puede dejarlo para el final del capítulo. Pero ahora le diré una cosa. El músculo peroneo largo es antagonista del m. tibial anterior, es decir, que promueve el movimiento contrario. Si el m. tibial anterior provoca extensión y supinación del pie (la punta para arriba y apoyo del canto externo), el m. peroneo largo, su antagonista, producirá flexión y pronación (punta para abajo y canto interno apoyado). La razón es que el m. tibial cruza el pie por encima, y el m. peroneo largo lo cruza por debajo.

## El pie y la carretilla

La perspectiva mecanicista del aparato locomotor humano, entendido como una máquina a la manera de los científicos del Barroco, requiere que hablemos también de las palancas corporales. Y ahora en particular de una, la que nos permite ponernos de puntillas sin tirar de la coleta hacia arriba como hacía el célebre barón.

Una palanca se define como una máquina simple, pero es una máquina, después de todo, y puede tener una gran potencia. Ya lo dijo el griego Arquímedes: «Dadme un punto de apoyo y moveré el

mundo». Con una palanca, por supuesto.

Vamos a recurrir varias veces en este libro a las palancas corporales para entender el movimiento del cuerpo, como si fuéramos autómatas. En una palanca hay un brazo de la potencia (o brazo de la fuerza, también llamado brazo del momento), un brazo de la resistencia, dos fuerzas que actúan y un punto de giro (o, si prefiere, punto de apoyo o fulcro). Y la ley de la palanca dice que la potencia por su brazo es igual a la resistencia por el suyo.

Vea en la figura *Palancas corporales* las equivalencias entre las palancas de la física y las de la biología.

Y ahora vamos a un caso práctico, porque nos ponemos de puntillas, a pesar de nuestro gran peso, gracias a una palanca de segundo grado. Es decir, gracias a una máquina que forma parte de nuestro propio cuerpo.

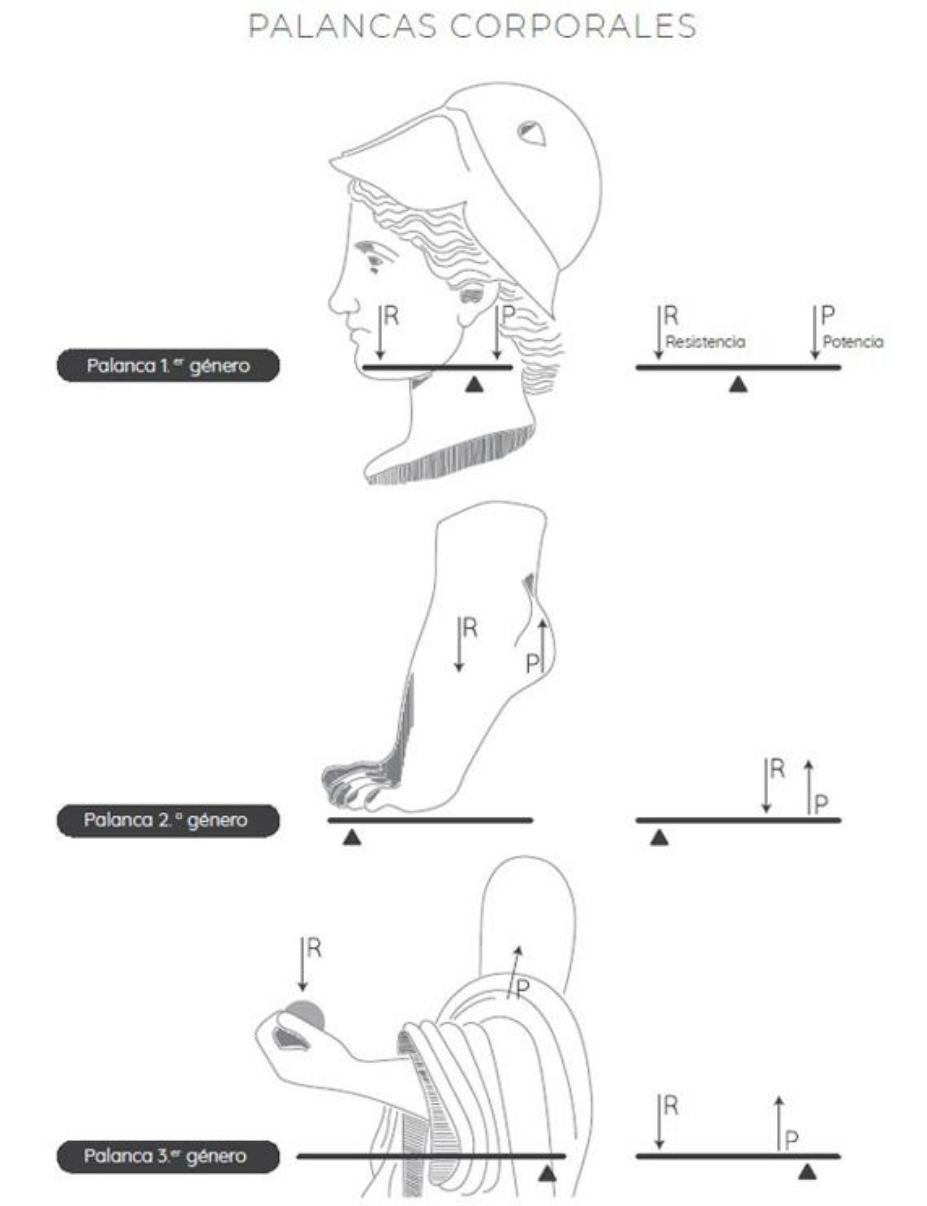
Veamos cuáles son sus partes. El punto de apoyo es, por supuesto, los dedos. La resistencia es el peso del cuerpo, que siempre es elevada, puesto que somos primates muy grandes. Y la potencia es producida por la contracción de los músculos de la pantorrilla.

Nos preguntamos ahora cuáles son los brazos. Como el peso del cuerpo se transmite por la tibia al astrágalo, el brazo de la resistencia es la distancia que va desde el astrágalo hasta los dedos. Los músculos de la pantorrilla se insertan en la parte más posterior del pie, la tuberosidad del calcáneo, por medio del tendón de Aquiles, como sabemos. Es decir, por detrás del astrágalo. Por lo tanto el brazo de la potencia es más largo que el de la resistencia y eso le confiere a los músculos una ventaja importante a la hora de contrarrestar el peso del cuerpo.

Hemos dicho que esta palanca es de segundo grado. Un ejemplo cercano de palanca del mismo grado es la familiar carretilla de obra. Tiene el eje de giro, las ruedas, delante del todo, como sucede con el pie, del que recuerde que decíamos que *rueda* sobre los dedos. La carretilla es una máquina simple pero muy eficaz... como el pie humano. Eso sí, para que un pie funcione como una palanca tiene que ser rígido, porque una palanca es por definición una barra rígida. El pie humano lo es, pero el de los demás primates no. Un pie blando no permite ponerse de puntillas.

Al pie humano se le piden dos cosas contradictorias: que sea lo bastante elástico como para que la bóveda plantar funcione como un

amortiguador y que sea lo bastante rígido como para poder ponernos de puntillas. Y lo consigue. Un prodigio de ingeniería biológica al que ha llegado la evolución sin proponérselo. Recuerde que la evolución no busca, pero encuentra.




Más adelante veremos palancas corporales de primer y tercer grado sin necesidad de salir de nuestro propio cuerpo.

Tibia y peroné derechos, vista anterior. *Gray's Anatomy*.

# EL MUSLO

*En este capítulo tienen mucho protagonismo los músculos, con sus vientres, sus orígenes, sus inserciones y los movimientos que producen en las articulaciones. Los músculos van de un hueso a otro atravesando una articulación, aunque a veces son dos las articulaciones que mueven. Ese es el caso de los músculos isquiotibiales, en la parte posterior del muslo, que atraviesan dos articulaciones: la de la cadera y la de la rodilla. Para entrar en materia le sugiero que se lleve la mano a la parte posterior de la rodilla, así sentado como está. Notará dos tendones gruesos, uno a cada lado, que dejan un hueco en el medio. El tendón lateral es el más prominente. Esos tendones pertenecen a los músculos isquiotibiales y se dirigen a la parte alta de la tibia, donde se insertan. Su origen está en el isquion, el hueso inferior de la cadera; concretamente en la tuberosidad isquiática. Si ahora se sienta sobre sus manos con las palmas hacia arriba estará palpando las dos tuberosidades isquiáticas, y es importante que lo haga. Por cierto, la distancia entre las dos tuberosidades es mayor en las mujeres que en los hombres. Para entender todas estas cosas le voy a pedir en este capítulo que se ponga a cuatro patas, que se haga cuadrúpedo. El otro grupo muscular que voy a tratar es también muy conocido: el cuádriceps femoral. Empezaremos con este.*

## Tres más uno

Solo hay un hueso en el muslo y se llama fémur. De hecho, en latín «muslo» se decía *femur*. Este es con mucha diferencia el hueso más largo del cuerpo en los seres humanos, pero no es así en los cuadrúpedos, ni siquiera en los chimpancés y gorilas, que son los simios que tienen los brazos más cortos. En los ardipitecos, australopitecos y parántropos no había grandes diferencias entre las longitudes de los cuatro segmentos en los que se pueden dividir las dos extremidades: pierna, muslo, antebrazo y brazo, aunque quizás en

los machos más grandes el fémur fuera algo más largo. Lo mismo puede decirse del *Homo habilis*, la primera especie de nuestro propio género, que no se distinguía de cuello para abajo de los australopitecos y parántropos por lo que sabemos en este momento. El fémur empezó a crecer con el *Homo erectus*, que ya se parecía mucho a nosotros, aunque era más ancho de cuerpo y tenía diferencias en la cabeza con los seres humanos actuales, que en su momento describiremos.

Los músculos del muslo se pueden dividir en tres grandes grupos. Los de la parte anterior, los de la parte posterior y los de la parte interior. Más fácil, imposible.

Los músculos de la parte anterior del muslo son cuatro y juntos reciben el nombre de m. **cuádriceps femoral** (o m. cuádriceps crural). Su función es extender la rodilla, o sea, estirar la pierna. No pueden por tanto ser más importantes en la postura erecta y en la marcha bípeda. Los cuatro músculos del cuádriceps se unen en un tendón común que va a la rótula: el tendón rotuliano (no podía llamarse de otra manera). Pero como la rótula se conecta a su vez por medio del ligamento rotuliano con la tuberosidad de la tibia, se puede decir que a efectos de funcionamiento el cuádriceps se inserta en la tuberosidad de la tibia, que es un saliente del que ya hemos hablado y que se puede localizar muy fácilmente subiendo el dedo por el borde anterior de la tibia.

De los cuatro músculos que componen el cuádriceps tres son monoarticulares, un largo nombre técnico que quiere decir que solo atraviesan una articulación, la de la rodilla, por lo que es sencillo decir cuál es su acción cuando se contraen: extender la rodilla. Sus nombres son fáciles de recordar porque uno es externo, otro es intermedio y el tercero es interno, y los tres músculos se llaman «vasto». Estamos hablando del m. **vasto externo** (o **lateral**), el m. **vasto interno** (o **medial**) y m. **vasto intermedio.** Las posiciones de estos músculos en el muslo se deducen fácilmente de sus nombres, como siempre pasa en anatomía.

El cuarto músculo viene de la cadera, no del fémur como los otros, por lo que además de extender la rodilla también puede flexionar la articulación de la cadera cuando se contrae. Por lo tanto es un músculo biarticular, porque atraviesa dos articulaciones. El nombre de ese músculo es el de m. **recto anterior** y se encuentra por

delante del m. vasto intermedio.

Por lo tanto, repito, cuatro son los músculos que forman el cuádriceps: los tres vastos y el recto anterior.

## La importancia de un bultito

El origen del m. recto anterior está en una pequeña prominencia del borde anterior de la cadera, justo encima del acetábulo, que se conoce como espina ilíaca anteroinferior. El nombre, obviamente, hace referencia a su posición: es una espina del hueso ilíaco, es anterior y es inferior. Su acrónimo es EIAI. Pero cuando digo espina no piense usted en una estructura estrecha y alargada, como las espinas de las plantas que pinchan. No, es más bien un bultito en el borde anterior de la cadera, un poco más arriba de la articulación con la cabeza del fémur.

Ese tubérculo óseo es un punto de osificación independiente que se suelda en la adolescencia (ya describiremos todos los huesos de la pelvis). O sea, es un hueso en sí mismo, solo que muy pequeño. Sabemos que en los australopitecos sucedía lo mismo porque tenemos fósiles de la pelvis de individuos infantiles sin la espina, y de adultos, con ella.

En cambio, la espina (o protuberancia) de la que estoy hablando no se encuentra en los chimpancés ni en ningún otro primate. Como en esa espina se origina el músculo recto anterior, se ha pensado que su existencia podría estar relacionada con la capacidad de extender completamente la rodilla y bloquearla al andar. Es decir, habría aparecido en los australopitecos como una adaptación para dar asiento a un m. recto anterior más potente que en los cuadrúpedos.

Pero se trata, como puede ver, de una evidencia indirecta.

## Un brindis histórico

En la pelvis de Ardi (el esqueleto de ardipiteco) parece haber una espina en el borde anterior de la cadera y por encima del acetábulo del mismo tipo que la de los australopitecos y la humana, y ha sido señalada por los descubridores del fósil como una prueba de que ya

eran bípedos, si bien no perfectos. Pero dado que la pelvis de Ardi está muy deformada no es del todo seguro.

Curiosamente, ya se conocía otro fósil que tiene la EIAI, pero que no es nuestro antepasado ni mucho menos. Se trata del oreopiteco (*Oreopithecus bambolii*), un simio muy alejado de las especies actuales. Tanto que se ha dudado durante mucho tiempo que fuera en realidad un simio y no un pariente de los macacos y papiones.

El oreopiteco era sin duda un simio muy arbóreo, de largos brazos, que vivía hace unos ocho millones de años en lo que hoy es la Toscana (la región de Florencia, en Italia), que entonces era una isla del Mediterráneo unida a Cerdeña.

En las islas no hay grandes depredadores, porque necesitan territorios muy amplios para poder alimentarse, y por eso las islas no permiten que existan poblaciones genéticamente viables. Así pues, el oreopiteco podría bajar al suelo sin temor a que se lo comieran y daría pasos vacilantes, un poco al modo de los ardipitecos que vivieron en África algunos millones de años después, y con los que no tienen relación evolutiva. Finalmente, los oreopitecos se extinguieron sin descendencia.

Quedan por lo tanto muchas cuestiones pendientes acerca del origen de la postura bípeda en la línea humana. En el estado actual de nuestros conocimientos debemos admitir que de los *primeros pasos de nuestra andadura evolutiva* tenemos poca información. Lo que se necesita, y se busca, son más fósiles de entre hace cuatro millones de años y siete millones de años, es decir, fósiles de los antepasados de los australopitecos, porque a estos últimos los conocemos razonablemente bien.

«*More and better fossils*» es como brindó el gran paleontólogo americano George Gaylord Simpson con ocasión de una visita que hizo al Instituto de Paleontología de Sabadell, donde dio una conferencia en 1960. Supongo que era su manera habitual de brindar cuando se encontraba entre paleontólogos. El creador del Instituto de Paleontología de Sabadell y padre de la paleontología de vertebrados española, Miquel Crusafont, lo tradujo sobre la marcha al español como «Más y mejores fósiles».[1]

Estaba presente Emiliano Aguirre, padre a su vez de la paleontología humana española, a quien le he oído brindar muchas veces con esas mismas palabras en las grandes celebraciones que he

tenido el privilegio de compartir con él y con otros compañeros (y que afortunadamente no han faltado, porque juntos hemos encontrado *más y mejores fósiles* humanos).

En homenaje a los maestros yo brindo con la misma fórmula cuando la ocasión lo merece y espero que continúe la tradición después de mí.

## Sorpresa ante el espejo: yo no tengo ese músculo

Cuando miramos la pierna de apoyo del *Diadúmeno*, es decir, la derecha, vemos muy marcado un bulto alargado que forma un a modo de rodete que cruza por encima de la rodilla oblicuamente (de fuera a dentro y de arriba abajo). Me planto enfrente del espejo, me pongo en la pose del *Diadúmeno* y no me veo ese relieve (y eso que he jugado mucho al fútbol y he desarrollado el m. cuádriceps, que es el de la patada a la pelota). Pruebe usted, si quiere, a ver si tiene más suerte. Desde que me fijé en el rodete del *Diadúmeno* no paro de mirar con disimulo las rodillas de los atletas y culturistas. A veces me parece verlo fugazmente, pero acto seguido lo pierdo de vista.

¿Qué extraño músculo es ese? ¿Por qué no lo tengo yo? No puedo, desde luego, presumir de unos abdominales (la tableta, la chocolatina) como los del *Diadúmeno*, ¿pero no debería verme por lo menos ese músculo de la rodilla?

Por la posición que ocupa el rodete de las esculturas masculinas clásicas (no de las femeninas), debería corresponder al más interno de los cuatro músculos del cuádriceps femoral, pero no soy capaz de ver cómo puede formarse ese cilindro transversal, esa especie de tubo arqueado que más que un músculo parece un grueso tendón. Pero no va de un músculo a un hueso, como todos los tendones, sino que cruza la pierna por encima de la rodilla. Luego no es un tendón.

Miro las fotos de culturistas que encuentro en la red y tampoco lo identifico, aunque a veces se intuye algo similar al rodete del *Diadúmeno* cuando se mira el lado de dentro de la rodilla, en la zona del m. vasto interno. El *Diadúmeno* del museo del Prado, como sabemos, tiene algunos añadidos hechos por el taller de Bernini, pero las rodillas son las originales, así que no se trata de una invención del Barroco, aparte de que aparece en muchas otras esculturas clásicas

que conservan la rodilla.

A mí me da la impresión de que se trata de una convención artística, es decir, de un relieve que forma parte del canon, del cuerpo ideal, pero que no existe en la realidad tal y como aparece en la escultura. ¡Pero el caso es que está representado desde los egipcios! ¿Qué extraña estructura anatómica es esa que ven los artistas y no ven los anatomistas cuando hacen sus disecciones?

La respuesta, o una respuesta al menos, la encontré en la *Nouvelle anatomie artistique du corps humain* de Paul Richer (1923). Las ilustraciones son del propio Richer, lo que aumenta mi admiración. Este fue un celebrado médico francés con grandes dotes artísticas, al que se considera también un escultor de mérito, con obras en museos importantes. Ejerció la docencia de la anatomía como catedrático de la Escuela de Bellas Artes de París, y escribió importantes tratados de anatomía artística. Además era un reputado historiador del arte.

En ese libro describe y dibuja una banda, brida o cintilla fibrosa que cruza el muslo por encima de la rodilla, pasando sobre el m. cuádriceps. Cuando los músculos están contraídos se acortan, y la cinta no tiene ningún efecto en la morfología, dice Richter. Pero al relajarse, continúa Richter, los músculos son más largos y la cinta los deprime a su paso (se podría decir que los hernia o estrangula), con lo que su extremo inferior se abulta. Es decir, el rodete del *Diadúmeno* no es una estructura en sí misma, como lo sería un músculo o un tendón, sino algo parecido a lo que se vería si rodeamos la parte inferior del muslo con una cinta elástica muy apretada que se hinca en la carne.

Todo esto parece muy lógico, pero yo me siento mucho más inclinado a pensar que la *cintilla arciforme* de Richer en realidad no existe en la anatomía biológica, sino solo en la anatomía artística. Es una convención más de la escultura clásica, que podríamos decir que *inventó* un cuerpo humano que no es completamente real, sino una idealización. Además, yo veo que la estructura en cuestión aparece siempre sobre la pierna de apoyo, la que sostiene el peso del cuerpo, y a mí me parece que los músculos del cuádriceps están contraídos en esa postura, no relajados. Pero le dejo a usted que se entretenga, si le apetece, con esta curiosidad de la escultura clásica que yo no he visto tratar a los especialistas en historia del arte.[2]En todo caso, estoy seguro de que se le irán los ojos a la rodilla de la próxima escultura masculina clásica que vea, o en la siguiente visita al museo del Prado.

## Los famosos «isquios»

La cara posterior del muslo está formada por los famosos *músculos isquiotibiales*, tan bien conocidos por los deportistas, que suman en total tres músculos. Abreviadamente, en la jerga deportiva se los conoce como los «isquios». Como su nombre indica se originan en el isquion, que es el hueso que forma la parte inferior de la cadera, y se insertan en la tibia, por lo que atraviesan dos articulaciones. Una es la articulación del acetábulo con la cabeza del fémur y la otra es la de la rodilla (fémur con tibia). En consecuencia, los músculos isquiotibiales son músculos extensores de la cadera cuando la rodilla está fija (bloqueada), pero si es la cadera la que está fija producen la flexión de la rodilla.

Si se toca ahora el muslo por detrás estará palpando los isquiotibiales. A poco que sea usted deportista alguna vez habrá tenido una rotura de fibras («un tirón») ahí. Como me lo imagino a usted sentado en este momento, baje la mano hasta la parte posterior de la rodilla, que se conoce como hueco poplíteo en anatomía, y es la corva en vernáculo. Ese hueco está limitado a un lado y a otro por sendos tendones muy poderosos (el lateral es realmente conspicuo). Esos tendones son los de los músculos isquiotibiales y se dirigen a la parte superior de la tibia, donde se insertan. ¿Los está tocando ahora? ¿Ve cómo la anatomía es fácil?

A lo largo del ciclo de la marcha bípeda sobre un suelo horizontal los músculos isquiotibiales trabajan sobre todo controlando (desacelerando) la extremidad cuando entra en contacto con el suelo, y son músculos antagonistas del cuádriceps, en la cara anterior del muslo.

Si imaginamos un eje transversal que atraviese la rodilla por los cóndilos del fémur (un eje como el que habíamos descrito para la articulación del tobillo), solo dos movimientos son posibles: extensión y flexión. Los cóndilos femorales son fáciles de localizar con las manos, a un lado y otro de la rótula, al igual que los cóndilos tibiales, con los que se articulan. Es una articulación del tipo bisagra, pero con características especiales porque también permite movimientos de rotación. Pues bien, en este eje transversal de la rodilla el cuádriceps es un extensor (alinea la pierna con el muslo), y los isquiotibiales son flexores (aproximan por detrás la pierna al muslo o viceversa).

Sí, ya sé que es un poco lioso, pero todo se aclarará enseguida. Mientras tanto puede ir haciendo esos movimientos para practicar. Lo importante es que tanto el grupo de los cuádriceps como el de los isquiotibiales actúan siempre en el mismo plano, que es un plano sagital, es decir, un plano paralelo al plano medio del cuerpo.

Los chimpancés y demás grandes simios tienen, como nosotros, los dos grupos de músculos, cuádriceps femoral e isquiotibiales, pero la importancia relativa de uno y de otro grupo es muy diferente. En los seres humanos los cuádriceps doblan en tamaño a los isquiotibiales, mientras que en los chimpancés y gorilas son igual de voluminosos. O sea, los músculos son los mismos en los grandes simios africanos y en los seres humanos, pero su relación de tamaño depende de la postura habitual.

En el suelo los chimpancés mantienen habitualmente flexionadas tanto la articulación de la cadera como la rodilla. Y lo mismo a cuatro patas que cuando se ponen de pie y dan pasitos vacilantes, de manera que el fémur adopta una posición que podemos describir como *horizontal*. Por eso los chimpancés no usan mucho los músculos que extienden la rodilla. Y tampoco lo hacen cuando trepan por un tronco vertical, porque ya sabemos que mueven sus piernas igual que cuando andan por el suelo.

En los humanos, las rodillas están extendidas cuando estamos parados de pie, y también está extendida la rodilla de la pierna de apoyo durante la marcha, y por eso los músculos que actúan en la cara anterior del muslo (el m. cuádriceps) son más importantes que los de la cara posterior (los isquiotibiales).

## Biomecánica de andar por casa (a cuatro patas)

Los cuadrúpedos utilizan los músculos isquiotibiales en la locomoción, y gracias a ellos se proyectan hacia delante. Podríamos preguntarnos entonces por qué los isquiotibiales son biarticulares, y por qué van desde el isquion hasta la parte alta de la tibia pasando por las articulaciones de la cadera y de la rodilla, en vez de ir desde el isquion hasta el fémur y atravesar solo una articulación, la de la cadera.

No es fácil contestar a eso, pero para intentarlo lo mejor sería que se pusiera usted a cuatro patas. Como los humanos tenemos las

piernas bastante más largas que los brazos, cuando nos ponemos a cuatro patas nos apoyamos en las rodillas, pero no es así como quiero que se coloque usted, sino como un velocista cuando se coloca en los tacos de salida justo en el momento en el que el juez dice «Listos». Ahí sí que entendería usted cómo los músculos isquiotibiales propulsan a un cuadrúpedo durante la marcha, porque lo hacen de la misma manera que lanzan al atleta hacia delante en la salida, aunque luego recupere la postura vertical (con un gran esfuerzo, por cierto).

Cuando yo empezaba a dar conferencias de evolución humana solía hacer una demostración al auditorio de cómo se sale de tacos en atletismo, que me resultaba muy familiar porque yo había sido velocista en las competiciones escolares. Los asistentes me miraban asombrados porque, y ahora lo veo retrospectivamente, no es frecuente que los conferenciantes hagan exhibiciones. Por eso me he inventado unos talleres de anatomía funcional en los que nos lo pasamos todos muy bien vestidos con ropa de gimnasio.

Así que ya sabe: hágame caso y póngase como si fuera a correr los cien metros lisos, con las dos piernas flexionadas, una más que otra, y apoyado sobre los dedos de las manos. Preparados, listos, ¡pum!

Buscando una analogía útil se ha dicho que un cuadrúpedo se impulsa como lo hace el tripulante de una canoa cuando mueve la pala. La hunde por la proa y tira de ella hasta dejarla atrás, momento en el que saca la pala del agua por la popa, la lleva hacia la proa y la vuelve a hundir.

Un bípedo, en cambio, usa la pierna como un gondolero utiliza la pértiga. Pruebe y verá que puede dar pasos con las rodillas rígidamente bloqueadas como si tuviera patas de palo o como si anduviera sobre zancos.

O dicho de otro modo, el cuadrúpedo se impulsa porque flexiona la cadera y la rodilla, que al extenderse actúan como un resorte. A cuatro patas la fuerza de reacción del terreno a la extensión de las articulaciones tiene un componente horizontal (hacia delante) muy importante. Un bípedo no se lanza como un cuadrúpedo, o como un corredor de velocidad cuando sale de los tacos, sino que camina con la extremidad extendida, con lo que predomina el componente vertical de la fuerza de reacción del terreno.

La fuerza de reacción del suelo es exactamente la misma que la

que ejercemos nosotros sobre el suelo, solo que de sentido contrario. Ya lo dijo Newton en su tercera ley, y seguro que le suena: «A toda acción le corresponde una reacción de igual magnitud, pero de sentido contrario». Es útil utilizar la fuerza de reacción del suelo para entender la locomoción.

Si estaba en posición cuadrúpeda, por favor, no se levante porque tenemos que seguir con la anatomía palpatoria.

## El acortamiento del isquion: un gran cambio evolutivo

Ya que nos hemos colocado a cuatro patas para simular la postura cuadrúpeda, es la oportunidad de fijarse en la orientación de los huesos. En el momento de darse impulso el fémur estará en posición horizontal o inclinada, pero nunca en posición vertical como en la postura erguida. Eso quiere decir que tanto la articulación de la cadera como la de la rodilla y la del tobillo están flexionadas formando en conjunto un resorte, un muelle. Luego, una vez que se ha impulsado el cuerpo hacia delante esas articulaciones se extienden y el pie se va quedando cada vez más atrás.

Pero ahora le voy a pedir que se toque el isquion (allá, donde acaba el trasero) para que vea que forma aproximadamente un ángulo recto con el fémur.

El hueso isquiático es sorprendentemente corto en todos los homininos desde los australopitecos en adelante, pero no antes, porque el isquion de Ardi era largo. Todos los cuadrúpedos tienen el isquion largo, sin excepción. Fíjese cuando vea el esqueleto de un animal. Y todos los primates lo tienen también largo, con la única excepción de la especie humana. Nuestro isquion corto es una anomalía digna de ser tenida en cuenta.

El isquion llega hasta el acetábulo, que es la articulación de la cadera con el fémur. La longitud del isquion es la distancia que va desde la tuberosidad isquiática, donde se originan los músculos isquiotibiales, hasta el centro del acetábulo. Es lógico pensar que cuanto más largo sea el isquion, menos esfuerzo tendrán que hacer los músculos isquiotibiales. Tendrán más ventaja biomecánica, como se dice técnicamente. Una mejor palanca, más llanamente.

Sabemos por experiencia que cuanto más largo sea el brazo de

potencia de una palanca, mejor para nosotros, y cuanto más corto, peor, más esfuerzo hay que hacer para producir un giro. Piense, por ejemplo, en una llave inglesa, que también es una palanca. Cuanto más largo sea el mango de la llave inglesa menos esfuerzo hay que hacer para girar la tuerca. Por eso mismo nadie agarra la llave inglesa por la mitad del mango, sino por el extremo, para hacer máximo el brazo de la potencia. Lo mismo pasa con una puerta. Nadie la hace girar apoyando las manos cerca de los goznes, sino lo más lejos posible.

Aunque se subirían a menudo a los árboles, el modo de locomoción de los australopitecos en tierra era la bipedestación y no había vuelta atrás. Ya no necesitaban un isquion largo porque no andaban nunca a cuatro patas. Desde el punto de vista del gasto energético no parece que les fuera peor, a pesar de sus piernas todavía cortas, que a los grandes simios con la locomoción cuadrúpeda, y seguramente les fuera mejor.

Yo me imagino a los australopitecos con cuádriceps más grandes que los isquiotibiales, como en los humanos actuales y al revés que en los grandes simios, donde los dos paquetes musculares son de volumen similar. También me los imagino con pantorrillas y pies como los nuestros, pero pronto hablaré de la anatomía glútea, y ahí tengo más dudas.

## Al andar dejamos la pierna atrás

Por tener el isquion corto, y por consiguiente una peor palanca para los isquiotibiales, los australopitecos habían perdido una parte considerable de la capacidad de sus antepasados para andar a cuatro patas y para subirse a los árboles, pero la remodelación del cuerpo hizo posible una nueva función, la de hiperextender la pierna al caminar. Es decir, llevarla más atrás de la cadera.

En su locomoción cuadrúpeda (tanto en el suelo como en los árboles) los simios no extienden la cadera más de 100°, es decir, no van mucho más allá del ángulo recto, aunque pueden hacerlo pasivamente (anestesiados) hasta llegar a los 180°, que representa la extensión total de la cadera o alineamiento completo del muslo con el tronco.

Sin embargo, normalmente los seres humanos pasamos de los 180°, realizando una hiperextensión de la cadera cuando andamos, porque dejamos la pierna atrás.

Lo voy a explicar, pero puede ver estos movimientos en la figura *Los siete magníficos de la locomoción bípeda*, en la página que, si ha seguido mi consejo, tiene marcada para ir a ella cuando se hable de la zancada.

Al final de cada zancada, un poco antes de levantar el pie del suelo, la rodilla queda por detrás del acetábulo (pruebe y compruebe), y eso no lo puede hacer un chimpancé cuando camina a dos patas porque mantener el tronco vertical y la pierna retrasada supone más de 180° de extensión de la articulación de la cadera.

Pero en el humano el isquion no solo es corto, sino que también está ligeramente dirigido hacia atrás, lo suficiente como para que los músculos isquiotibiales puedan seguir tirando de la pierna incluso después de que haya rebasado la línea vertical del cuerpo, mientras que si el isquion estuviera totalmente vertical al llegar a los 180° se terminaría el movimiento. De este modo los músculos isquiotibiales recuperan una parte del brazo de palanca que se había perdido con el acortamiento del isquion. Si se pone de pie ahora y se toca la tuberosidad del isquion notará esa ligera desviación de la vertical, porque el isquion está por detrás del fémur.

La hiperextensión de la cadera que hacemos habitualmente los humanos, sin darnos cuenta, podría ser muy importante para recorrer largas distancias con el mínimo gasto energético. Cualquier ahorro de calorías es un regalo. En otras palabras, el isquion de los australopitecos, como el nuestro, estaba poco adaptado a trepar (demasiado corto) pero ampliaba la longitud de la zancada (por estar algo dirigido hacia atrás). Esta es al menos la teoría de Elaine E. Kozma y sus colegas.[3]Yo le encuentro el problema de que los estudios que se han hecho sobre la actividad de los músculos en la marcha bípeda no muestran que los isquiotibiales trabajen mucho durante la hiperextensión de la cadera, al final de la zancada.

Amplío un poco la información sobre los isquiotibiales en el «Apéndice 3», por la importancia de estos músculos en la evolución humana y en el deporte. Si no es por lo primero espero que le interese por lo segundo. A fin de cuentas, no hay tantos músculos isquiotibiales. Solo son tres, y dos de ellos se pueden palpar

perfectamente. Ahora que está sentado, leyendo, lo podrá hacer.

## Estiramientos

Todos los deportistas saben que después de un ejercicio intenso conviene hacer estiramientos para descargar los músculos que más han trabajado. También es bueno hacerlos antes, para prepararlos para el esfuerzo. En general, la práctica de los estiramientos mejora la elasticidad del cuerpo y es siempre oportuna. Pero la razón por la que me detengo ahora en los estiramientos es porque nos ayudan a recordar muchas cosas de los músculos que intervienen en los diferentes movimientos del cuerpo.

Por ejemplo, se suelen hacer estiramientos de los músculos de los muslos y de la cadera tanto en el plano sagital como en el plano frontal. En el plano sagital estiramos los isquiotibiales (los músculos de la parte posterior del muslo) extendiendo la rodilla de una pierna y apoyando el talón sobre una valla o sobre el respaldo de un banco o cualquier otra cosa que esté más o menos a la altura de la cadera. Si doblamos el tronco sobre el muslo con los brazos extendidos para tocar la punta de los pies notaremos cómo los isquiotibiales se tensan.

Recuerde que los isquiotibiales son flexores de la rodilla y extensores en la articulación de la cadera, y al hacer este ejercicio se extiende la rodilla y se flexiona la cadera, de manera que los músculos isquiotibiales se estiran. A mí me cuesta muchísimo llegar con las puntas de los dedos a la punta de los pies porque tengo los isquiotibiales acortados. Por esa misma razón no soy capaz apenas de tocar el suelo con las puntas de los dedos si tengo las rodillas bloqueadas. He observado que, en general, a las mujeres les cuesta menos que a los hombres.

Para hacer estiramientos del cuádriceps nos agarramos el empeine de un pie con la mano del mismo lado y la llevamos hacia atrás hasta notar cómo el cuádriceps se tensa. En retroversión de la cadera aún se tensa más (ya explicaré más adelante qué es esto de la retroversión de la cadera, por si no lo conoce, aunque cada vez se oye más esta expresión). Como es una postura inestable, ya que solo tenemos un pie en el suelo, nos apoyamos con la otra mano en la pared o en el hombro de un compañero. También se puede hacer el

mismo estiramiento en el suelo con el cuerpo apoyado sobre un costado (en decúbito lateral). El cuádriceps es sobre todo un grupo muscular extensor de la rodilla y, al flexionarla al máximo, se estira.

En resumen, para estirar un músculo hay que realizar la acción contraria en el mismo plano del cuerpo. Esa es la clave, recuérdelo.

## El músculo del sastre

Ahora volvemos al *Diadúmeno*. Hay un músculo en la pierna de apoyo de la escultura (la derecha) que atraviesa la cara anterior del muslo en diagonal, pero requiere atención porque está marcado de forma sutil por Policleto (acertadamente, porque no es un músculo que sobresalga exageradamente). Es el m. **sartorio**. Se origina en la parte más alta y más anterior de la cadera y después de rodear el cóndilo femoral interno se adhiere a la tuberosidad tibial, de la que acabamos de hablar, siendo el músculo más largo del cuerpo humano.

El recorrido oblicuo e incluso ligeramente en espiral del músculo sartorio nos permite dividir la parte anterior del muslo en dos regiones: la región femoral anterior propiamente dicha y el triángulo o trígono femoral, que queda por dentro del sartorio e incluye la ingle. Aunque el sartorio no se aprecie bien en sí mismo, se corresponde con la línea oblicua que marca el paso de los músculos que se abultan hacia delante a los músculos que *miran* hacia dentro.

El triángulo femoral se llama también triángulo de Scarpa y aparece mucho en los partes médicos de las plazas de toros, porque por la forma en la que se torea, haciendo pasar al toro con la cabeza baja (humillando) a la altura de los muslos, son frecuentes las cornadas en ese triángulo, con el enorme peligro de rotura de la arteria femoral, la vena femoral o el nervio femoral.

Es fácil saber dónde termina la cadera y dónde empieza el muslo mirando a una persona por la espalda. La cadera termina donde acaba el trasero, las posaderas, las nalgas, es decir, en el pliegue glúteo. A esa altura está la parte más baja de la pelvis, nuestra conocida tuberosidad isquiática. En cambio, mirando de frente el paso del muslo a la cadera ya no es tan nítido. Pero como la mayoría (4 sobre 5) de los músculos de la parte interna del muslo no intervienen en los movimientos de la rodilla los dejaremos para cuando hablemos de la

cadera.

Siéntese ahora en el suelo, por favor. El nombre de «sartorio» viene del latín *sartor*, 'sastre'. Los sastres antiguos se sentaban en el suelo, como todo el mundo entonces, con las piernas cruzadas y con la tela sobre las piernas, de modo que llevaban el talón de cada pie a las inmediaciones de la rodilla contraria, como se hace en yoga en la postura de la flor de loto. No he visto ninguna imagen de un sastre antiguo trabajando así, ni en fotografía ni en el arte. Pero es la misma postura de las esculturas y pinturas de los escribas sentados del Egipto de los faraones.

Cuando realice usted el acto de cruzar las piernas fíjese en los movimientos que ha llevado a cabo. Ha flexionado las articulaciones de la cadera y de la rodilla, desde luego, pero también ha rotado el fémur hacia fuera, al tiempo que ha separado un muslo de otro, abriendo las piernas. Luego, para aproximar el talón a la rodilla contraria, ha rotado la tibia hacia dentro. En todos estos movimientos participa el músculo sartorio, que es un músculo *sinergista*, es decir, que trabaja con otros.

Me parece que ya hemos visto suficientes músculos en este capítulo. Para entenderlos siempre se requiere un esfuerzo de atención. En los próximos dos capítulos no hablaré de ningún músculo nuevo, sino de proporciones y de la búsqueda de la perfección artística en la representación del cuerpo humano. Empezaré por un rasgo que nos caracteriza como especie y en el que no hay más que fijarse: cuando estamos de pie con los pies juntos nuestros muslos convergen para juntarse en las rodillas, en lugar de bajar en paralelo.

Fémur derecho, vista anterior. *Gray's Anatomy*.

# LAS PROPORCIONES CORPORALES

*Hay un saliente del fémur hacia fuera que es imprescindible conocer porque en él se insertan músculos importantes para la marcha erguida. Ni más ni menos que los músculos que estabilizan la cadera e impiden que se desplome el cuerpo cuando levantamos una pierna del suelo al caminar. Su nombre es trocánter mayor. Pero no tiene ninguna dificultad encontrarlo. Es duro y está en la cara lateral del muslo en su parte más alta. Como sucede con todas las protuberancias óseas, en las personas delgadas forma un saliente, mientras que en las gruesas forma un hoyuelo.*

## Entra en escena el trocánter mayor

Tenemos que volver a la palpación. Ya tenemos localizados en la rodilla los cóndilos femorales y tibiales. Ahora subimos lateralmente por el muslo hasta la cadera. En la zona de la articulación de la cadera con el fémur nos encontramos con un saliente óseo lateral. No es la cabeza del fémur, sino el trocánter mayor. Me explico. La cabeza del fémur articula con el acetábulo (o cavidad cotiloidea) de la cadera, pero no se puede tocar fácilmente. Lateralmente, la cabeza del fémur se continúa con el cuello del fémur y este termina en el mencionado trocánter mayor. Conviene de todos modos saber que, dado que el cuello del fémur está inclinado, el trocánter mayor está en una posición algo más baja que el acetábulo.

Como del trocánter mayor vamos a hablar mucho en estas páginas porque en él se insertan músculos enormemente importantes para los movimientos de la articulación de la cadera, me voy a detener un poco más. Para empezar, el nombre es raro. ¿Por qué trocánter mayor? ¿Es que hay uno menor? Pues sí, el trocánter menor está también en el fémur, pero un poco más bajo, en la cara posterior y en el lado interno. ¿Y por qué trocánter? Nuestro querido Valverde de Amusco lo explica: «Tiene este hueso [el fémur] en la parte más alta

junto a la raíz del cuello dos salidas: una en la parte de fuera, que es la mayor de todas cuantas los huesos tienen, y se hace de una muy notable añadidura; otra en la de dentro, algo hacia atrás y más abajo que la de fuera, la cual es muy pequeña y se hace también de una añadidura. Estas salidas llamaron los griegos trochantiras, por ser semejantes al trompo o peonza, añadiendo grande o pequeña; empero, cuando simplemente la nombran, entienden la mayor». Al llamarlas añadiduras quiere decir Valverde que son puntos de osificación independientes, huesos de pleno derecho, que se fusionan con el fémur en la adolescencia. En otras partes de su libro se refiere Amusco al trocánter mayor como «la mayor salida del hueso del muslo», y me parece una buena descripción.

Hasta ahora, la exploración la hemos realizado sobre nuestro propio cuerpo, pero nada se opone a que la hagamos con el de otra persona. Al contrario, desde el punto de vista estrictamente científico es preferible examinar un cuerpo ajeno. Pues bien, en una persona tumbada de lado (en posición de decúbito lateral), el trocánter mayor destaca claramente en el perfil del cuerpo. Como decía Amusco, es la mayor salida del hueso del muslo. En las mujeres se marca menos que en los hombres porque en ellas suele depositarse grasa subcutánea en esa parte del muslo (¿no las llaman «cartucheras»?).

Desde el trocánter mayor baja la diáfisis del fémur hacia los cóndilos femorales de la rodilla. La diáfisis de un hueso largo es el cuerpo del hueso, la parte cilíndrica. Si se pone ahora de pie podrá comprobar que el trocánter está situado más lateralmente que la rodilla, por lo que la dirección de la diáfisis del fémur es oblicua: va de proximal y lateral a distal y medial o, lo que es lo mismo, de arriba abajo y de fuera a dentro.

Haciendo uso de una metáfora arquitectónica, en un cuadrúpedo las piernas son las jambas de una puerta y la cadera es el dintel, pero en el animal bípedo que somos los humanos las jambas se dirigen hacia dentro desde el dintel, se aproximan en las rodillas y ya bajan juntas hasta los pies cuando nos ponemos firmes. La puerta se ha cerrado por abajo y para abrirla hay que separar los pies.

Le parecerá normal esa oblicuidad de la diáfisis femoral, pero el caso es que en todos los cuadrúpedos la dirección del cuerpo del fémur es vertical y no inclinada hacia dentro. No tiene más que mirar a un perro o un gato o un caballo o una vaca. No se les juntan las

rodillas. Somos una excepción única a esa regla porque somos los únicos mamíferos bípedos.

Así lo explica nuestro Valverde de Amusco en su castellano viejo: «Allende de esto, este hueso [el fémur] no desciende derecho desde donde se encaja con el anca [acetábulo], antes el cuello de él sale hacia fuera en soslayo como dijimos y aún casi al través. Lo cual fue hecho para dar lugar a los morcillos [músculos], venas y arterias que pasan por la parte de dentro del muslo. Lo demás del hueso desciende hasta la rodilla torciéndose un poco hacia fuera».

Así es como la oblicuidad del fémur define nuestra silueta y da una forma característica a nuestro cuerpo. En un chimpancé puesto de pie los muslos no convergen en las rodillas. Por ese motivo nunca veremos a un chimpancé en posición de firmes, con los pies juntos.

Ya he dicho que si queremos entender nuestras singularidades no tenemos más que imaginar a un chimpancé con ellas. Resulta ridículo en este caso imaginar a un chimpancé en posición de firmes. Sería un chimpancé con el cuerpo muy humano. Si se fija bien verá que en todas las representaciones que se hacen de chimpancés bípedos, para compararlos con los australopitecos, por ejemplo, se los pinta con los pies separados.

Pero ¿y un australopiteco? ¿Podría ponerse en posición de firmes, como para pasar revista?

## La importancia de un ángulo

Donald Johanson fue el paleoantropólogo americano que descubrió en el terreno el famoso esqueleto de Lucy en Etiopía en el año 1974. Donald Johanson codirigía el equipo de investigación y excavación junto con los franceses Yves Coppens y Maurice Taieb. El nombre que recibiría la especie es el de *Australopithecus afarensis*. En noviembre del año anterior había encontrado la porción inferior de un fémur y la superior de una tibia, es decir, una *rodilla*. Johanson llegó, con una información tan escasa como la que proporcionaba la *rodilla*, a la conclusión de que se trataba de un hominino bípedo. La razón era que cuando se articulaba el fémur sobre la tibia, la diáfisis (repito que es el cilindro del hueso o cuerpo) no quedaba derecha, sino algo inclinada, es decir, formaba un ángulo con la vertical, que se llama técnicamente

ángulo bicondíleo o también ángulo valgo del fémur. Solo los homininos tienen ese ángulo, por lo menos a partir de los australopitecos. En los grandes simios la tibia y el fémur se continúan en línea recta.

De todos modos Johanson deseaba asegurarse de que el fósil que tenía en las manos era verdaderamente de un pariente nuestro, así que se dirigió a un cementerio afar (ese es el nombre de la etnia que vive en la zona del descubrimiento) para comparar su pequeño hominino con los huesos humanos, mucho más grandes, y pudo comprobar que el ángulo bicondíleo era el mismo:

> En aquel momento llegamos al túmulo. Era una especie de bóveda construida con piedras apiladas hacía probablemente muchos años, pues uno de sus lados se había derruido. Miré en su interior. Dentro había un enorme montón de huesos —una tumba familiar— y encima del montón, casi pidiendo que lo cogiéramos, un fémur. Tom lo cogió. Miramos a nuestro alrededor, no había nadie a la vista. Tom se metió el hueso en la camisa y nos lo llevamos al campamento. Aquella misma noche lo comparé con el fósil. Eran prácticamente idénticos, excepto en el tamaño.[1]

Es decir, los muslos de Lucy convergían hacia las rodillas.

Ya estaba seguro Johanson de que un ser bípedo había caminado por aquella parte de África hacía más de tres millones de años, lo que en su época era una revelación extraordinaria. Y al año siguiente volvería Lucy al mundo de los vivos.

Falta por saber si los fósiles anteriores a los australopitecos tenían el ángulo bicondíleo en cuestión. Hay fémures de tres especies de preaustralopitecos: *Sahelanthropus tchadensis* (de entre seis y siete millones de años de antigüedad y procedente del Chad), *Orrorin tugenensis* (de seis millones de años de antigüedad y encontrado en Kenia) y *Ardipithecus ramidus* (Etiopía). Se parecen mucho a los fémures de los australopitecos pero ninguno de ellos conserva la extremidad inferior, es decir, la parte de los cóndilos femorales, con lo que no se puede afirmar rotundamente que tuvieran el ángulo bicondíleo y que fueran bípedos exactamente iguales que los australopitecos. A mí me cuesta mucho creerlo a la vista de los huesos isquiáticos tan largos que tiene Ardi, que son como los de un cuadrúpedo. Pero de eso ya he hablado suficiente. Pasemos a otro tema.

¿Es posible reducir la belleza a números? ¿Existe una fórmula matemática para representar la belleza del cuerpo humano?

Esa es la idea que está detrás del canon, el cuerpo humano de proporciones perfectas, sublimes, insuperables, que inmediatamente producen el placer de la belleza. ¿Pero cuáles son esas? Policleto escribió un tratado sobre las proporciones humanas, el *Canon*, que se ha perdido. Sin embargo es lógico pensar que sus esculturas, como nuestro *Diadúmeno*, reflejan las proporciones canónicas. Por ejemplo, la altura del cuerpo equivale a entre siete cabezas y siete cabezas y media.

Pero Praxíteles no se atuvo a las formas de Policleto, sino que las modificó. Para empezar, en la postura del cuerpo, que se hace más sinuosa, menos tiesa, más relajada, más sensual y más dinámica, con la famosa curva praxitélica de la cadera. Y para continuar, reduciendo el tamaño relativo de la cabeza. La altura del cuerpo pasa ahora a ser de ocho cabezas y es más estilizado.

Leonardo da Vinci, en el Renacimiento, dibuja el famoso *Hombre de Vitruvio*, que todo el mundo ha visto alguna vez. Se trata de un hombre con cuatro brazos y otras tantas piernas inscrito en un círculo y en un cuadrado. Las proporciones se basan en el tratado sobre arquitectura en diez libros que escribió el romano Marco Vitruvio Polión en el siglo primero.

Vitruvio consideraba que el círculo y el cuadrado eran las formas naturales perfectas y también que el ser humano era el más perfecto de todos los que existen, así que la arquitectura debía basarse en las proporciones del hombre. Pero a nadie se le ocurría la forma de inscribir a un ser humano en un cuadrado y en un círculo a la vez. Los que lo intentaron descubrieron que para conseguirlo había que deformar el cuerpo humano.

Parecía un problema imposible de resolver, pero el genio de Leonardo da Vinci encontró la solución. Se puede inscribir a la vez a un ser humano en un círculo y en un cuadrado, pero el punto central del cuadrado y el del círculo no tienen por qué ser el mismo. El centro del círculo se corresponde con el ombligo, mientras que todo el cuadrado está desplazado hacia abajo, de modo que su centro está a la altura del pubis. Fíjese en el dibujo de Leonardo da Vinci y verá como

el cuadrado está más bajo que el círculo.

En el hombre inscrito en el cuadrado cuyo centro es el pubis la envergadura (distancia entre las puntas de los dedos de las manos con el cuerpo en T) es igual a la altura. Los brazos y las piernas puestos en aspa pueden inscribirse en un círculo que tiene como centro el ombligo. La separación entre las piernas forma un triángulo de lados iguales (equilátero).

Recientemente (en 2020) se ha publicado un gran estudio para ver si los seres humanos se ajustan a las proporciones ideales del *Hombre de Vitruvio*. Diana Thomas y sus colegas[2]escanearon 64.000 reclutas varones de las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos con edades comprendidas entre diecisiete y veintiún años para tener una imagen 3D de todos ellos y poder medir las diferentes partes de su cuerpo y compararlas con las del *Hombre de Vitruvio* de Leonardo da Vinci. En el estudio se vio que en general las proporciones se corresponden bastante bien con las del *Hombre de Vitruvio*, con discrepancias inferiores a un 10 % en todas las medidas, excepto en dos de ellas: la envergadura de los brazos y la longitud de los muslos. La envergadura de los brazos de los reclutas era un 20 % más grande que la del *Hombre de Vitruvio* y la longitud del muslo, un 29 % más pequeña. El resultado es que en la T del cuerpo humano la envergadura de brazos del recluta americano varón supera un poco a la estatura, y por eso los dedos de las manos se salen del cuadrado y del círculo. Lo mismo pasaba con las 1.385 mujeres que estudiaron. La media masculina era de 175,1 centímetros y la femenina de 163,7 centímetros.

Naturalmente, Leonardo no pudo hacer de la población de la Toscana del siglo XV un estudio estadístico semejante al de Diana Thomas con los reclutas americanos, así que hay que reconocerle mucho mérito a su famoso dibujo, aparte de que puede que las proporciones no fueran las mismas allí y entonces que en la América actual.

## El *australopiteco de Vitruvio*

Si nos comparamos con los simios las proporciones cambian mucho, y fue el gran primatólogo suizo Adolph H. Schultz quien las estudió a

fondo en el siglo XX. Dado que los simios se cuelgan de las ramas, en lugar de caminar sobre ellas a cuatro patas como hacen normalmente los monos, los brazos son más largos que las piernas. Un célebre dibujo de Adolph H. Schultz muestra que la punta de los dedos de las manos llega en los orangutanes puestos de pie mucho más abajo de las rodillas, hasta media tibia por lo menos. Y es que los orangutanes son realmente muy arbóreos y prácticamente jamás bajan al suelo. Lo mismo sucede con los gibones, tanto en lo que se refiere a los hábitos de vida y modo de locomoción como a la longitud de las extremidades.

Los chimpancés además de ser arbóreos se mueven por el suelo a cuatro patas con cierta frecuencia, y por eso las proporciones son otras, con menos envergadura de brazos. En los chimpancés las puntas de los dedos de las manos llegan hasta las rodillas, mientras que en nosotros quedan muy por encima en el muslo, a mitad de camino entre el trocánter mayor y la rodilla, como puede comprobar usted mismo. Los gorilas ocupan una posición más cercana a la humana que los chimpancés, al ser los gorilas más terrestres y menos acróbatas.

Para comparar la longitud de las extremidades en unas y otras especies podemos tomar como referencia la longitud del tronco. En realidad, nuestros brazos son largos, más que en los monos del Viejo Mundo (macacos, babuinos, mandriles, langures y demás). En estos monos la proporción brazo/tronco es aproximadamente del 120 %, mientras que la nuestra es del 150 %. Eso quiere decir que nuestros brazos son una vez y media el tronco. Si ahora está sentado y deja caer los brazos a los lados del cuerpo verá que las manos quedan bastante por debajo del asiento. ¿A que sí?

Ahora bien, siendo largos en relación con el tronco, nuestros brazos son un poco menos largos que los de los gorilas y chimpancés, y mucho menos que los de los orangutanes (200 %), y sobre todo que los de los gibones (230 %), que son los primates con los brazos más largos proporcionalmente al tronco.

Por el contrario, los humanos tenemos las piernas más largas que las de los simios si se comparan con el tronco. Aunque, ¿se ha fijado en los gibones? También tienen las piernas largas en relación con el cuerpo.

Además, los humanos somos una especie muy especial en una característica en la que casi nadie repara: en lo corto de nuestros

antebrazos. Los monos del Nuevo Mundo (platirrinos), los del Viejo Mundo, los simios pequeños y los grandes simios, todos ellos tienen unos antebrazos proporcionalmente más largos que los nuestros. Y ese será un tema de reflexión en un capítulo posterior.

El *gorila de Vitruvio*, es decir, un gorila con los brazos en cruz como el *Hombre de Vitruvio*, no podría ser inscrito en un cuadrado porque saldrían fuera las dos manos casi completas. O dicho de otro modo, la envergadura (medida entre las puntas de los dedos de las dos manos) supera a la talla del gorila puesto de pie. Con más holgura sobresaldrían las manos de los chimpancés, y llegarían mucho más lejos las de los orangutanes y las de los gibones.

## Pie Pequeño

No descendemos de los chimpancés, así que no hay por qué tomarlos a ellos como antepasados, pero como son nuestros parientes más cercanos se suele comparar a los australopitecos con ellos. El esqueleto más completo de australopiteco que se ha encontrado hasta la fecha es el de un ejemplar sudafricano apodado Little Foot (Pequeño Pie), que procede de la cueva de Sterkfontein y lleva por sigla StW 573. Este maravilloso esqueleto fósil va a aparecer muchas veces en el libro. El otro esqueleto de australopiteco que podemos usar para ver las proporciones de los miembros es la famosa Lucy. Y también disponemos del esqueleto de Ardi, que es de una especie anterior a los australopitecos. Los tres esqueletos son presumiblemente de hembras.

Ahora vamos con los números. El índice braquial, que divide la longitud del radio (el antebrazo) por la del húmero (el brazo), da un valor del 75 % en los humanos, mientras que es del 82 % en los gorilas, del 92 % en los chimpancés, del 102 % en los orangutanes y del 110 % en los gibones (género *Hylobates*). Es decir, en los simios asiáticos el antebrazo es más largo que el brazo. En Ardi el cociente ronda el 90 %, en Little Foot es del 85 % y en Lucy se estima entre el 88 % y el 92 %.[3]

Sigamos con comparaciones, esta vez entre la longitud de los brazos y la de las piernas, que se hace en paleoantropología por medio del índice intermembral. Para calcularlo se divide la suma del radio (antebrazo) y del húmero (brazo) por la suma del fémur (muslo) y de

la tibia (pierna). Ese índice da un porcentaje del 69 % en los humanos, porque la extremidad superior es más corta que la inferior, pero sucede lo contrario en los simios, que dan porcentajes del 106 % en chimpancés, 114 % en gorilas, 138 % en orangutanes y 130 % en gibones. En Ardi el índice estaría en torno al 90 %, en Little Foot es del 85 % y en Lucy entre el 85 % y el 88 %; es decir, en los tres esqueletos fósiles la extremidad superior es más corta que la inferior, pero no tanto como en nuestra especie, que tiene las extremidades inferiores muy largas.

En términos absolutos, el brazo (es decir, el húmero) de un australopiteco medio y el de un chimpancé medio tienen longitudes similares, pero el antebrazo (donde están el cúbito y el radio) del australopiteco era claramente más corto que el del chimpancé, siendo el muslo (el fémur) y la pierna (la tibia y el peroné) del australopiteco más largos que los del chimpancé. Por ese motivo, y también porque las manos de los australopitecos eran mucho más cortas que las de los chimpancés, las puntas de los dedos de los australopitecos no les llegarían a las rodillas. Pero, de todos modos, el *australopiteco de Vitruvio* no podría inscribirse en un cuadrado, porque también se le saldrían las manos por los lados, aunque desde luego no tanto como a los chimpancés. Es decir, la envergadura de brazos de los australopitecos todavía era muy superior a su estatura.

Por lo poco que se sabe del esqueleto poscraneal de *Homo habilis* parece que no había variado mucho la anatomía del cuerpo de cuello para abajo respecto de las especies anteriores. El gran crecimiento de muslos y piernas (el *estirón evolutivo*) se dio con el *Homo erectus*. Si estamos en lo cierto, el primer «*Homo* de Vitruvio» fue el *Homo erectus*.

## La secretísima ciencia

Y ahora interviene el gran grabador y pintor Alberto Durero (1471-1528), de la ciudad de Núremberg (entonces Sacro Imperio Romano Germánico, hoy Alemania). Podemos ver su autorretrato en el museo del Prado, junto con las figuras desnudas de Adán y Eva, en tablas de más de dos metros de altura. Las obras fueron compradas a la viuda de Durero por la municipalidad de Núremberg, que en 1586

se las regaló al emperador Rodolfo II, quien las tenía en su palacio de Praga. En 1648 se apoderaron los suecos de las tablas al tomar Praga, y en 1654 la reina Cristina, que vuelve a aparecer en nuestro relato, se las regaló a Felipe IV. El rey de España las guardó en el Real Alcázar de Madrid en una bóveda especial junto con otros desnudos, de Tiziano y Rubens principalmente.

Cuando disfrute extasiado de su contemplación en el Prado piense que faltó muy poco para que esas obras maestras se perdieran. Carlos III era un rey muy puritano y mandó que las tablas se quemaran junto con otras obras de contenido erótico del Palacio Real. Afortunadamente le convencieron de que no lo hiciera y las donó a la Real Academia de San Fernando, de donde pasaron al Prado en 1827, aunque no se exhibirían al público hasta 1833. Una restauración realizada hace pocos años ha devuelto todo su esplendor a estos dos desnudos.

Durero era un enorme grabador y pintor, unos de los mejores de la historia. Pero quería conocer la *secretissima scientia* de las proporciones, la fórmula mágica para obtener la belleza absoluta. Y por supuesto, esa fórmula era matemática, estaba hecha de números, rectas y curvas, y se plasmaba en la pintura por medio de la geometría (usando la regla, el cartabón y el compás) y la aritmética (calculando las proporciones).

Viajó dos veces a Italia, empapándose del arte que se hacía allí. Leyó a Vitruvio, y empezó a desarrollar sus propias investigaciones sobre la perspectiva y las proporciones. Durero, el gran artista, se convirtió en matemático. Cuando murió tenía preparados cuatro libros sobre las proporciones del cuerpo humano, que publicó de forma póstuma su esposa, Agnes Frey.

A lo largo del tiempo su forma de representar el cuerpo humano cambió. En las tablas de Adán y Eva del museo del Prado, pintadas a principios de 1507, los cuerpos son estilizados, con proporciones de nueve cabezas. Si comparamos sus formas con las del grabado de Adán y Eva que hizo el mismo Durero en 1504 podemos apreciar el enorme cambio que se ha producido desde la estampa hasta la pintura. La belleza tan ideal, tan perfecta, de las tablas de Adán y Eva sugiere una relación entre estos personajes bíblicos de la tradición judeocristiana y los dioses Apolo y Venus de la mitología pagana. En realidad, las tablas no formaban parte de ningún retablo de iglesia, o

cualquier otro espacio sagrado, por lo que su significado no es religioso, sino profano. Se trata de representar, en resumidas cuentas, un cuerpo masculino y uno femenino desnudos.

¿A qué se debe el cambio tan radical en la manera de plasmar el cuerpo humano que nos salta inmediatamente a la vista al comparar el grabado de Adán y Eva de 1504 con la pintura de 1507 de los mismos personajes (idealizados como Apolo y Venus) que se encuentra en el Prado? ¿Qué ocurrió entre medias? En esos dos años Durero viajó a Italia por segunda vez, y es posible que conociera allí al franciscano y matemático Luca Pacioli. Por una carta que Durero escribió a un amigo se sabe que se desplazó de Venecia a Bolonia durante diez días porque allí había un maestro (¿*fra* Luca Pacioli?) que lo iba a introducir en la ciencia de la perspectiva.

En el museo de Capodimonte, en Nápoles, hay un cuadro muy notable en el que aparece representado Luca Pacioli con un alumno. El autor del cuadro es dudoso, pero podría tratarse de Nicolo Barbari, o incluso podría haber sido ejecutado en el taller del mismísimo Leonardo da Vinci, amigo del franciscano matemático. El alumno del cuadro acaso sea el propio Durero, aprendiendo de Pacioli los secretos de la geometría que luego aplicaría al cuerpo humano en forma de perspectiva y proporciones. Si el retratado no es él, no importa demasiado, porque no tendría una apariencia muy diferente. Tampoco es imprescindible que Durero aprendiese de Pacioli los secretos de la perspectiva (aunque no cabe duda de que sería una bonita historia). Lo importante es que a Durero le interesaba mucho la ciencia de convertir la belleza y la perfección del cuerpo humano en proporciones, es decir, en fracciones de números.

Pero en los *Cuatro libros sobre las proporciones del cuerpo humano*, escritos en alemán y publicados por la viuda de Durero en 1528, pocos meses después de la muerte del pintor, se aprecia una verdadera revolución conceptual. Durero no renuncia a utilizar la geometría y la aritmética para representar al ser humano, pero ya no tiene un modelo ideal, un canon. En sus trabajos aparecen muchos hombres y mujeres, así como también niños, con diferentes proporciones corporales, que se expresan en forma de fracciones.

No persigue ya Durero la belleza ideal, porque no todos los individuos representados pueden ser considerados hermosos, ni mucho menos. Y además introduce la tercera dimensión al estudiar el perfil

de los individuos: la profundidad del cuerpo. Por todo ello se puede considerar a Durero como el fundador de la ciencia de la antropometría.

Más adelante, artistas como el italiano Michelangelo Merisi, conocido como Caravaggio, buscarán personas normales, del mundo real, para sus cuadros, aunque sean religiosos, abandonando la búsqueda del canon de belleza ideal y buscando el retrato realista y psicológico. Empezaba así el Barroco.

## Las coordenadas de Descartes y la evolución

Hay un libro muy importante en biología evolutiva que se llama *Sobre el crecimiento y la forma*, escrito por el biomatemático escocés D'Arcy Thompson en 1917. En este tratado los animales aparecen inscritos en cuadrículas, en un sistema de coordenadas cartesianas para ser más precisos.

D'Arcy Thompson se dio cuenta de que deformando esas mallas (transformando las coordenadas, se dice) en una o varias direcciones (tirando de aquí y de allá o arrugando la cuadrícula) tienen lugar cambios sorprendentes en la forma de los animales. También ocurren esos cambios sorprendentes si inclinamos las líneas de las cuadrículas, en paralelo o abriéndose en abanico, o si las curvamos.

Esta idea de las coordenadas transformadas de D'Arcy Thompson es de gran utilidad para entender la relación entre el crecimiento y la forma, tanto en la evolución biológica (la filogenia) como en el desarrollo individual (la ontogenia), y constituye una importante contribución a lo que hoy se llama biología estructuralista, que incorpora la física y las matemáticas a las ciencias de la vida y se ocupa especialmente de los planes corporales, es decir, de los diseños biológicos. Los organismos, a fin de cuentas, son ingeniería y arquitectura orgánicas que utilizan moléculas y células como materiales de construcción.

En realidad la ontogenia y la filogenia están íntimamente relacionadas porque la evolución consiste en que se producen cambios en el desarrollo, y así se llega a nuevas formas de adultos, que son los que se reproducen para dar lugar a nuevas crías y que la historia vuelva a empezar. Sin ir más lejos, y para que se entienda esta idea, la

cabeza de un chimpancé recién nacido se parece mucho más a la de un bebé humano de lo que se parecen los adultos de las dos especies. Y nuestras piernas se hacen inusualmente largas en relación con el tronco, y en relación con los brazos también, después del nacimiento, no antes. No venimos al mundo con las proporciones adultas. Eso quiere decir que en nuestra especie se sigue un patrón de desarrollo diferente del de los chimpancés. O sea, que se podría decir que lo que cambia en la evolución (lo que de verdad *evoluciona*) es el patrón de desarrollo.

Modernamente también se utiliza mucho en paleoantropología el método de las coordenadas transformadas de D'Arcy Thompson a la hora de comparar las formas de los diferentes fósiles. Se conoce esta técnica como «morfometría geométrica».

Lo sorprendente es que en algunos dibujos del tratado de Durero de caras humanas inscritas en cuadrículas puede intuirse ya el revolucionario concepto de las coordenadas transformadas de D'Arcy Thompson, solo que cinco siglos antes.

## La pasarela de la moda neandertal

Pero las proporciones corporales varían no solo entre las diferentes especies de la evolución humana (las fósiles y la actual), sino también de unas poblaciones modernas a otras. ¿Quién no ha reparado en los cuerpos estilizados, de miembros alargados y caderas estrechas, de los pueblos del Sahel africano? Ese somatotipo de los habitantes del Sahel podría ser una adaptación al clima caluroso y muy seco en el que viven.

Todos sabemos que cuando pasamos mucho frío nos encogemos, tendemos a adoptar una postura fetal y rodeamos las rodillas con los brazos, es decir, nos hacemos una bola. En cambio, cuando tenemos calor separamos los brazos y las piernas del cuerpo. Una esfera es el tipo de sólido en el que la superficie es menor con respecto al volumen, y además la relación se hace menor conforme la esfera aumenta de tamaño. En cambio, una hoja de papel (o la hoja de un árbol) es todo superficie con muy poco volumen porque el grosor es mínimo.

Nuestro cuerpo se mantiene en condiciones normales a una

temperatura que oscila entre los 36° y los 37°. De hecho, nuestro cerebro dejaría pronto de funcionar correctamente si la temperatura de la sangre subiera muchos grados, y sobrevendría la muerte si la situación se prolonga. La temperatura corporal, por lo tanto, debe ser regulada dentro de unos límites estrechos. Eso quiere decir que cuando la temperatura externa es muy superior a la interior conviene perder calor, mientras que si la temperatura externa es baja conviene retenerlo.

En consonancia con estos principios físicos tan simples, los biogeógrafos observaron que, si una especie tiene una distribución amplia y vive en diferentes latitudes del mundo, las poblaciones más próximas al ecuador son de extremidades largas y delgadas comparadas con sus cuerpos, mientras que lo contrario sucede con las poblaciones que habitan cerca de los polos: extremidades cortas y gruesas insertadas en cuerpos voluminosos y redondeados.

Incluso entre especies diferentes, siempre que estén estrechamente emparentadas, se puede observar la misma ley biogeográfica, que refleja una adaptación al clima. Aparte de tener pelo, los mamuts eran más rechonchos, tenían las patas más cortas y las orejas más pequeñas que los elefantes asiáticos, sus parientes vivos más cercanos, y no digamos que los elefantes africanos. Una oreja es como una gran lámina, que pierde mucho calor porque es todo superficie. Cuando tenemos frío, nos las tapamos, como la cara, es decir, cubrimos cualquier superficie corporal.

Por las razones expuestas, el canon de belleza de los masáis, de los nueres o de los dinkas, con sus estilizados cuerpos, es muy diferente al de Policleto. Y curiosamente es el que se ha impuesto en la moda actual en todo el mundo. Las mujeres y los hombres de estos pueblos del Sahel tienen cuerpos de modelos de pasarela, mientras que el *Diadúmeno* y la *Venus del delfín* no serían contratados para un desfile de moda en París, en Milán o en Nueva York.

Los neandertales eran una especie diferente de la nuestra, pero muy próxima, tanto que algunos autores piensan que solo eran una subespecie, no una especie. Por lo tanto, podemos ver si se les aplican los principios de la biogeografía. Del tronco humano nos ocuparemos más adelante, así que observemos ahora las extremidades, en particular la inferior, que es la que llevamos estudiada.

En los neandertales las piernas eran cortas comparadas con los

muslos, y los antebrazos, cortos comparados con los brazos. Eso también sucede en las poblaciones humanas actuales que viven en climas fríos, de manera que los antropólogos han intentado relacionar la proporción entre pierna y muslo con la temperatura media anual del país en el que viven.

Utilizando los huesos del esqueleto, que nos permitirán comparar a los humanos vivos con los neandertales, se ha calculado el llamado índice crural, que divide la longitud de la tibia por la del fémur. Este índice es más bajo, por norma general, en las poblaciones humanas que viven en climas fríos, y también lo era en los neandertales, puede que por la misma razón; es decir, para reducir la superficie corporal en relación con el volumen y perder menos calor por la piel. Así que podemos suponer que el canon de belleza de los neandertales era diferente del griego o del de los longíneos pueblos del Sahel. Los neandertales no escribieron un canon, como lo hicieron Policleto y muchos otros después, pero también tenían sus preferencias. Pronto, al hablar del glúteo mayor, abordaremos la cuestión de hasta qué punto tiene la forma del cuerpo que ver con las preferencias, con el atractivo sexual.

Lo que es universal en todas las poblaciones humanas es que los hombres son en promedio más grandes que las mujeres. Hay diferencia en la estatura, pero es más clara en cuanto al peso corporal. La estatura es una variable unidimensional, solo mide la distancia que va entre las plantas de los pies y la parte más alta de la cabeza, pero en el peso se reflejan también la anchura y la *profundidad* del cuerpo, así que el peso está más estrechamente relacionado con el volumen corporal que la estatura.

En los gorilas y orangutanes las hembras pesan menos de la mitad que los machos, mientras que las hembras de los chimpancés y bonobos pesan en promedio algo menos del 80 % de los machos de sus respectivas especies. En la especie humana es difícil de calcular el porcentaje porque hay mucha variación entre poblaciones, pero se suele decir que ronda el 86 %. O sea, que somos la especie en la que hay menos diferencia de corpulencia entre los dos sexos de todos los homínidos vivientes (grandes simios y humanos juntos), y eso debe de querer decir algo. Hablamos del tema en el próximo capítulo.

*Adán*, Alberto Durero. Museo del Prado.

# APOLO Y DIONISO

*En este capítulo no haré ninguna recomendación concreta de anatomía palpatoria, pero sí un comentario. Todas las partes del cuerpo del hombre y de la mujer tienen el mismo interés y todas deberían ser conocidas científicamente por igual, incluyendo los órganos de la reproducción, que es de lo que se hablará aquí. El cuerpo es lo único de lo que somos realmente propietarios perpetuos y nos pertenece en su totalidad. Pero, oiga, ¿a quién le pertenece el cuerpo? ¿No estoy cayendo en el dualismo mente/cuerpo de Descartes? Por eso me gusta el punto de vista del neurocientífico António Damásio cuando invierte los términos y dice que en realidad el cuerpo es el propietario de la mente.*

## Compañones del hombre y de la mujer

Como ya hemos hablado mucho de huesos, de músculos, de tendones, de proporciones y de palancas corporales podemos detenernos ahora en otro aspecto bien visible de la anatomía humana: los órganos externos de la reproducción (genitales externos), que se llaman escroto y pene en un sexo, y vulva en el otro. Dentro del escroto se encuentran los dos testículos (cada uno con su epidídimo, el conducto enrollado donde los espermatozoides maduran a la espera de la eyaculación). La vulva incluye los labios mayores y menores, el clítoris, el vestíbulo de la vagina y las glándulas vestibulares. Los genitales internos de la mujer comprenden los ovarios, trompas de Falopio, el útero y la vagina.

Juan Valverde Amusco escribió en su *Historia de la composición del cuerpo humano* un párrafo que me llamó mucho la atención cuando lo leí porque el ilustre médico de la Tierra de Campos parece contrariado por el hecho de que las mujeres tengan ovarios, y le cuesta trabajo admitirlo, aunque se ve obligado a hacerlo en aras de la probidad científica:

> Yo quisiera con mi honra poder dejar este capítulo porque las mujeres no se hicieran más soberbias de lo que son, sabiendo que también ellas tienen compañones [testículos] como los hombres y que no solamente sufren el trabajo de mantener la criatura dentro de sus cuerpos, como se mantiene cualquiera otra simiente en la tierra, pero que también ponen su parte, y no menos fértil que la de los hombres, pues no les faltan los miembros en que ella se hace, empero forzado de la historia misma no he podido hacer otra cosa. Digo pues que las mujeres no menos tienen compañones que los hombres, aunque no se vean por estar metidos dentro del cuerpo [los ovarios], como fue necesario habiendo de concebir dentro de sí mismas, por lo cual fue también ordenado que todos los demás instrumentos de las mujeres necesarios a la generación estuviesen dentro del cuerpo. Están pues los compañones de la mujer arrimados a los dos lados de la madre [el útero] algo más altos que ella (aunque en las preñadas parece que no están tan altos porque el cuerpo de ellas se sube más arriba) y están apegados muy flojamente al peritoneo (en aquella parte donde los huesos de las ancas [los coxales] se juntan con el grande [el sacro]) mediante los conductos de la simiente [las trompas] sin ocurrir otra atadura alguna. Estos compañones son muy menores que los del hombre...

El término «compañón» ya no se oye pero figura aún en el diccionario de la Real Academia con el significado de 'testículo'. Se utiliza, dice el *DRAE*, en plural. También quiere decir 'compañero', pero esta acepción está en desuso según el diccionario.

El tamaño de los testículos es evidente desde el exterior y podemos establecer comparaciones entre los diferentes primates superiores. La primera conclusión es que hay grandes diferencias de tamaño cuando se juntan los primates superiores (es decir, monos con cola, simios sin ella y humanos), como notó Adolph Schultz en el primer estudio comparativo que se hizo, allá por el año 1932. Pero para comparar bien una determinada parte del cuerpo entre especies que tienen diferentes tallas hay que tener en cuenta que las proporciones no siempre se mantienen, y que a menudo ocurre que cuanto mayor es el animal, más pequeña o más grande es (proporcionalmente) la parte que se compara.

En este caso, entre los primates superiores los testículos aumentan de tamaño más despacio que el cuerpo, como norma general, por lo que tienden a ser proporcionalmente más pequeños cuanto más grande sea un primate (lo mismo sucede con el cerebro, por cierto: ¡el de los insectívoros y los roedores es proporcionalmente más grande que el nuestro!).

Una vez que se elimina por procedimientos matemáticos el efecto de la talla se puede ver que hay una relación entre el tamaño de los

testículos y la vida social de la especie. Las que tienen los testículos grandes viven en grupos en los que hay muchos machos (grupos *multimacho*). Los que tienen los testículos pequeños viven en grupos en los que solo hay un macho adulto.

Es decir, aunque parezca una paradoja, el macho que tiene muchas hembras para él solo a la hora de reproducirse tiene los testículos más pequeños que el que vive en un grupo con otros machos. ¿Por qué?

## Carreras de espermatozoides

El tamaño de los testículos guarda relación con la cantidad de espermatozoides que producen y esa cantidad es mayor en las especies en las que la hembra copula con más de un macho cuando está ovulando y puede concebir. Se establece entonces una competición entre los espermatozoides de los diferentes machos, y tiene ventaja a la hora de reproducirse el macho que produce más espermatozoides, porque a la larga tendrá más hijos. Y los hijos de sexo masculino heredarán de su padre la capacidad de producir muchos espermatozoides, y así generación tras generación es como se llega a una especie con machos de testículos enormes.

En las especies en las que solo hay un macho en el momento en el que una hembra es sexualmente activa y copula no hay tal competición espermática, porque el único macho adulto presente no tiene rival. Eso sucede tanto en las especies en las que los grupos están formados por un macho y varias hembras, situación llamada «poliginia», como en las especies que viven en parejas («monogamia»).

Los chimpancés y bonobos tienen testículos más grandes que los humanos, que los orangutanes, que los gorilas y que los gibones (en este orden). Si representáramos al *Diadúmeno* de Policleto con los testículos de un chimpancé o de un bonobo nos llamaría mucho la atención porque, aunque un chimpancé o un bonobo macho sea corporalmente más pequeño que un varón, sus testículos son considerablemente más grandes. Y si hiciéramos crecer a un chimpancé hasta el tamaño del *Diadúmeno* los testículos serían enormes. ¡Unas tres veces más grandes que los del *Diadúmeno*!

Además, podemos estudiar la llamada «pieza media» de los

espermatozoides, donde se localizan las mitocondrias, que proporcionan la energía necesaria al espermatozoide para llegar hasta el óvulo. Se ha comparado la pieza media con el depósito de combustible de un vehículo de motor de explosión, y la verdad es que el espermatozoide no lo tiene nada fácil para fecundar el óvulo, que está en una de las trompas, muy lejos del lugar donde el espermatozoide es depositado durante la eyaculación: en el cuello del útero. Pues bien, si se representan en una nube de puntos el tamaño de esta pieza media y el tamaño de los testículos de los primates (una vez que se elimina el factor talla), los seres humanos, orangutanes y gibones estamos juntos en la región de la gráfica donde se localizan las especies que tienen testículos pequeños y espermatozoides con piezas medias pequeñas. Los gorilas tienen testículos muy pequeños para su tamaño pero la pieza media no es pequeña.

Si un zoólogo se preguntara cuál es la estructura social de los seres humanos utilizando el tamaño de los testículos y el de la pieza media de los espermatozoides como indicadores concluiría sin duda que la especie humana no se organiza como los chimpancés, es decir, en sociedades con muchos machos adultos.

Podría ser que esa diferencia en el tamaño testicular entre humanos y chimpancés o bonobos indicara que nuestros antepasados eran estrictamente monógamos como los gibones, pero también podría ocurrir que fueran polígamos como los gorilas y orangutanes. ¿Cuál es, entonces, nuestro caso?

## Corpulencias

Una clave para resolver el problema es la diferencia en el tamaño general del cuerpo. Cuando los machos son mucho más corpulentos que las hembras eso quiere decir que el nivel de conflictividad entre los machos es alto, y puede llegar hasta la exclusión, como en el caso de los gorilas y orangutanes, que no toleran otro macho adulto cerca. En cambio, en los gibones apenas hay diferencias de tamaño corporal entre los dos sexos, y viven en parejas aisladas.

Nuestra especie tiene una diferencia de tamaño entre los dos sexos mucho menor que la de gorilas y orangutanes, pero existe y es más grande que la de los gibones. Además, conviene tener en cuenta

que cuando se compara solo el peso de los músculos del cuerpo (el peso muscular) la diferencia entre los dos sexos aumenta, ya que las mujeres tienen más grasa y menos músculo que los hombres.

En los australopitecos la estructura social podría ser, o bien como la de los chimpancés, o bien como la de los gorilas. Pero, aunque se trate de un primate más alejado evolutivamente, también podría asemejarse al sistema de los papiones (o babuinos), en particular el papión hamadryas o papión sagrado egipcio, que vive en África. En estos papiones se forman grandes grupos para dormir o para viajar, que a su vez se componen de familias en las que hay un macho y algunas hembras. Los australopitecos podrían haberse organizado de una manera semejante a los papiones sagrados: familias formadas por un macho con unas pocas hembras que se asocian entre sí para formar grupos mayores en determinadas circunstancias.

Se encuentran en los papiones sagrados grandes diferencias de tamaño entre los dos sexos, y también grandes diferencias de forma, porque los machos exhiben una vistosa melena blanca que les cae hasta los hombros. Los egipcios antiguos los representaban a menudo. Como no hay mucha competencia espermática dada su estructura social los papiones sagrados son, de entre todos los papiones, los que tienen los testículos más pequeños, aunque sean más grandes que los humanos (como siempre, una vez que se elimina el factor talla).

En el caso de que la estructura social fuera como la de los chimpancés y bonobos, los australopitecos tendrían testículos grandes como los suyos. Si los grupos fueran como los de los gorilas, los testículos serían pequeños. Si fueran como los de los papiones sagrados, serían un poco más grandes que los nuestros. Como se ve, no es posible imaginar cómo eran los testículos de nuestros antepasados sin formular antes una hipótesis acerca de su vida social. Los gibones no viven en grupos, sino en parejas territoriales, de modo que no cuentan para esta especulación porque nadie piensa que los australopitecos vivieran en parejas separadas entre sí, cada una de ellas defendiendo su territorio de cría como hacen los gibones. Todos los paleontólogos estamos convencidos de que los australopitecos eran sociales.

Sin embargo, ya vimos en su momento que hay quien piensa que los australopitecos eran monógamos y vivían en grupos, como nosotros. Los partidarios de esta hipótesis no aprecian en los fósiles de

los australopitecos una diferencia de tamaño entre los dos sexos superior a la nuestra. En mi opinión, la evidencia disponible apunta a que la diferencia de tamaño corporal era más grande en los australopitecos que entre un hombre y una mujer actuales, y se redujo a partir del *Homo erectus*, pero en realidad solo estamos seguros en un yacimiento, el de la Sima de los Huesos en Atapuerca, porque este es el único lugar donde se ha encontrado hasta la fecha un gran número de individuos de los dos sexos (cerca de treinta) que pertenecieron a la misma población. Estos humanos eran preneandertales, pero no pensamos que la diferencia entre los sexos fuera mucho mayor en *Homo erectus* (aunque está por demostrar). Por eso yo me imagino los testículos en *Homo erectus* como los nuestros, mientras que me imagino los de los australopitecos de un tamaño intermedio entre los de los chimpancés y los nuestros. Que tomen nota los paleoartistas si se atreven con esa parte de la anatomía.

En los estudios comparados entre las sociedades humanas anteriores a la globalización moderna, que está homogeneizando los usos y costumbres, se aprecia que la poliginia estaba bastante extendida en las diferentes culturas, hasta el punto de ser mayoritaria, aunque eso no quiere decir que en esas sociedades todos los hombres tuvieran varias esposas, sino que por lo general eran solo algunos hombres los polígamos, mientras que la mayoría eran monógamos (dependiendo de los recursos económicos).

## Los colmillos de Drácula

La cuestión del dimorfismo sexual se complica al ampliar el estudio a los caninos, porque en las especies de primates superiores donde hay una elevada conflictividad entre machos los caninos son mucho más grandes en los machos que en las hembras. Claro, se atacan con ellos y se defienden de los depredadores. Los caninos de los seres humanos actuales son pequeños en los dos sexos, y además no tienen forma cónica (no son *colmillos*), sino que se parecen a los incisivos aunque terminen un poco en punta. Las diferencias entre hombres y mujeres son pequeñas, aunque, ¡ojo!, existen.

¿Desde cuándo son pequeños los caninos de los machos en la evolución humana? Un estudio reciente de Gen Suwa y colegas[1] que

aplica una nueva metodología de análisis estadístico concluye que desde *Ardipithecus ramidus* los caninos de los machos son pequeños. En esta especie la diferencia entre los caninos de los dos sexos es inferior a la del bonobo, que por otro lado es la menor que existe entre los grandes simios vivientes. Los bonobos tienen una biología social en la que las hembras se asocian para dominar los grupos, y los machos muestran una agresividad mucho menor que en sus parientes cercanos los chimpancés. Los autores del estudio del dimorfismo sexual en los caninos concluyen que la reducción de la agresividad de los machos se produjo al principio de nuestra evolución, coincidiendo con la adquisición de la postura bípeda, y que seguramente se debe a la selección ejercida por las hembras a la hora de aparearse. O sea, las hembras se apareaban con los machos que eran menos agresivos. A eso se llama selección sexual y es un tema sobre el que volveremos más adelante.

Hay por lo tanto una desconcertante contradicción entre las grandes diferencias de tamaño corporal en los australopitecos, que parecen indicar mucha agresividad de los machos, y el pequeño tamaño de los caninos de los machos, que sugiere lo contrario. ¿Quiere decir eso que después de todo no había conflictos entre los australopitecos machos? ¿Que no había jerarquías? Porque incluso en los bonobos, la especie de chimpancé más pacífica, en la que las hembras actuando juntas no toleran comportamientos agresivos de los machos, los dos sexos conservan buenos caninos, y son claramente mayores los de los machos.

Este es un buen momento para que se mire los caninos en el espejo. Son pequeños aunque algo más grandes que los incisivos. Si fuéramos una especie de primate normal deberían ser como los de Drácula, y tampoco pasaría nada. Bueno, sí, pasaría una cosa, y es que como tenemos la cara corta y los caninos están cerca de las muelas unos grandes caninos nos molestarían mucho a la hora de masticar con las muelas. Es posible que la reducción de los caninos en los australopitecos no tenga absolutamente nada que ver con la organización social sino con la comida.

En los australopitecos se expande la dentición posterior y se reduce la anterior porque en su dieta cada vez entran más granos, legumbres y otros productos vegetales, como nueces y quizás órganos subterráneos, que deben ser triturados con la dentición posterior. Y

cada vez entran menos frutos carnosos de tamaño grande que hay que trocear con la dentición anterior pero que no es necesario triturar con la posterior porque son blandos y muy fáciles de masticar; esa es la comida favorita de los chimpancés y bonobos. Tal vez los ardipitecos ya habían empezado el cambio de dieta y por eso se redujeron los caninos, aunque no tenemos ningún dato que hable en ese sentido.

Los caninos de los chimpancés no desmerecen de los de los leopardos, sus únicos enemigos en la selva, y de la potencia de sus músculos tampoco se puede dudar. ¿Pero cómo se defenderían de los depredadores los ardipitecos y australopitecos? ¿Usarían ya palos y piedras? Por desgracia siempre quedan flecos en las teorías de las ciencias históricas, porque ante la duda no se puede recurrir a hacer un experimento con los fósiles, que están completamente muertos. No queda más remedio que esperar a que aparezcan más fósiles que nos den respuestas a las preguntas. La paleontología no es una ciencia experimental, pero también se nutre de las observaciones y experimentos que realizan los biólogos que estudian a las especies vivientes; y en el caso de la paleoantropología aprendemos mucho de los grandes simios vivientes, nuestros parientes vivos más cercanos. Una razón más, por si hiciera falta, para conservar a esas especies y su hábitat.

Sobre la cuestión del armamento de nuestros más remotos antepasados volveremos cuando hablemos de la mano.

## ¿A QUIÉN HA SALIDO EL NIÑO?

Un aspecto importante de la biología de la reproducción en las especies sociales es la confianza en la paternidad. En las especies poligínicas (un macho se reproduce con varias hembras) y en las monógamas se puede decir con casi total seguridad quién es el padre de una criatura. En las que forman grupos con muchos machos adultos es bastante más difícil, porque hay competición espermática.

Y sin embargo, las relaciones de parentesco pueden deducirse por el parecido, o eso es lo que pensamos todos, aunque no hayamos caído en la cuenta. ¿O es que no nos pasamos toda la vida sacando parecidos entre progenitores e hijos, entre hermanos, o incluso entre parientes más alejados como primos? ¿No es verdad que este tema nos interesa

mucho? ¿Y por qué será? Deducir el parentesco entre los miembros del grupo pudo haber sido importante en el medio social en el que nuestros primeros antepasados vivían y competían. Y ese interés perdura hasta nuestros días. Lo primero que se comenta de un recién nacido es a quién ha salido, si al padre o a la madre.

A este respecto se han hecho experimentos con fotos de caras que demuestran que un observador ajeno por completo a la familia acierta más veces de las que lo haría por pura suerte a la hora de identificar al padre o la madre de un niño o niña. Y lo mismo pasa cuando se hace el experimento con fotos de chimpancés, gorilas o mandriles.[2]Si se le muestra a un observador la cara de un simio o de un mandril y las fotos de tres posibles padres o madres acierta quién es el progenitor más veces de lo que lo haría echándolo a suertes. Pero no sucede lo mismo con los papiones, que a diferencia de los mandriles tienen la cara de un color uniforme, y dan menos pistas sobre el parentesco, a lo que parece.

Ahora que se tiene la posibilidad de mirar los genes se puede abordar con rigor la vieja cuestión de cuántos hijos no son del marido o compañero sentimental de la madre. Se sospechaba que el porcentaje era grande o muy grande en cualquier sociedad (y es lo que me suelen contestar cuando pregunto a la gente qué piensa sobre el tema), pero en un trabajo reciente que abarca un periodo de quinientos años en Bélgica y Holanda se ha podido ver que la confianza en la paternidad es realmente muy alta (en estos países al menos), ya que el porcentaje de hijos que la genética descubrió que no eran de sus padres oficiales se sitúa en torno al 1 %. Eso sí, llegaba hasta el 6 % en el caso de familias pobres en ciudades densamente pobladas del siglo XIX, lo que parece indicar que hay un factor socioeconómico muy fuerte implicado en la confianza en la paternidad. Es decir, no todo es biología y determinismo genético en el comportamiento sexual y reproductivo humano, ni mucho menos. Preguntarse por la naturaleza humana en temas como estos es ignorar lo mucho que hay de sociología en ellos.

De todos modos, los datos genéticos disponibles (aunque muy parciales) y el reducido tamaño de los testículos y el de la pieza media de los espermatozoides apuntan a que no estamos adaptados a la promiscuidad.[3]El dimorfismo sexual, pequeño pero real (sobre todo cuando se considera tan solo el peso muscular y se excluye la grasa),

muestra a mi juicio que hemos evolucionado hacia la monogamia, pero a partir de antepasados que eran polígínicos, del mismo modo que hemos evolucionado hacia la postura bípeda a partir de antepasados arbóreos que se colgaban de las ramas por los brazos y caminaban por el suelo a cuatro patas. Aunque, si no estoy equivocado, se llegó antes a la postura bípeda que a la monogamia, que sería más reciente. La primera tiene más de cuatro millones de años, y la segunda menos de dos millones de años, o eso creo. En ambos casos, el cuerpo es un documento que nos enseña quiénes somos, pero también quiénes fuimos.

## El grosor del pene

La mayor parte de los primates tiene báculo o hueso peneano (o peneal), es decir, un hueso en el pene, como muchos otros mamíferos, pero no todos. Los ungulados y los cetáceos, por ejemplo, carecen de báculo. En los grandes simios el hueso peneano está muy reducido, como sería el caso de nuestro antepasado común (el LCA) con chimpancés y bonobos. En algún momento de la evolución posterior de nuestra línea desapareció por completo. ¿Lo tendrían todavía los australopitecos? No se ha encontrado ninguno, aunque sería difícil que fosilizara por su escaso tamaño y grosor.

La ausencia de hueso peneal en nuestra especie podría indicar un pene reducido, menos necesitado por lo tanto de una estructura de soporte interno. ¿Pero es así? Vamos a comparar penes.

Los machos de nuestra especie *no* tienen durante la erección un pene más largo que el de nuestros parientes más cercanos. De hecho, el pene erecto de los bonobos es más largo que el pene erecto humano, a pesar de las diferencias de tamaño entre las dos especies, y seguramente también lo es el pene de los chimpancés (o por lo menos igual), aunque el pene erecto de los gorilas (pese a su enorme volumen corporal) y el de los orangutanes es mucho más pequeño que el humano. En realidad, cuando la longitud del pene se pone en relación con el tamaño del cuerpo el pene humano es muy normal entre los primates.

¡Pero no puede ser —exclamarán muchos lectores—, yo los he visto en documentales o en cautividad, y los penes de los chimpancés

cuando copulan son más pequeños que los humanos! No son más pequeños, es la respuesta de la ciencia, pero sí más delgados y sin el voluminoso glande humano. En otras palabras, lo realmente llamativo del pene humano es su grosor y su glande, no su longitud, y esto nos obliga a preguntarnos por la causa de tal anomalía.

Una explicación para el grosor del pene y la forma del glande humanos hace referencia a la competición espermática, de la que ya hemos hablado a propósito de los testículos. El grosor exagerado del pene humano haría que funcionara bien como un pistón para extraer el semen del anterior hombre que hubiera copulado con una mujer, a lo que contribuiría la forma y tamaño del glande. Una vez extraído el semen anterior de la vagina de la mujer sería el momento de eyacular para intentar fecundarla.

Aunque se han hecho simulaciones que parecen demostrar que el pene humano actual podría cumplir mecánicamente esta función, nos tropezamos con la dificultad de que (como hemos comentado) ni los testículos ni los espermatozoides humanos avalan la teoría de la competición espermática en nuestra especie.

También podría ser que el grosor del pene humano simplemente se correspondiera con el diámetro de la vagina, que sería mayor en las mujeres a causa del gran tamaño de la cabeza del feto a término, que para nacer tiene que pasar por el llamado canal del parto blando. El cerebro de un humano *recién nacido* tiene *más* volumen que el de un chimpancé *adulto*, y llega casi al medio litro (o medio kilo, expresado en peso). Es como si una mujer diera a luz a un niño con la cabeza de un chimpancé adulto (aunque con la cara más corta). ¡Qué barbaridad! Desgraciadamente carecemos de datos de los grosores de las vaginas en los demás primates para ver si se corresponden con los tamaños de las cabezas de sus recién nacidos.

La longitud de la vagina humana es exactamente la que le corresponde a un primate de nuestro tamaño corporal, como sucede con el pene, aunque la vagina de la hembra de chimpancé supera a la de la mujer en longitud, y la del gorila es más corta que la humana (como también ocurre con el pene).

El pene humano erecto es un tercio más largo que la vagina humana en promedio, de manera que el tamaño no debería importar, al menos en lo que se refiere a la longitud. ¿Pero no podría ser que el extraordinario grosor del pene masculino y el glande especial de

nuestra especie hubieran sido elegidos por las hembras para aumentar su placer? Parece lógico, pero eso nos lleva a formularnos otra pregunta: ¿hay caracteres en los animales que no han sido seleccionados por el ambiente, sino por el otro sexo?

## Selección sexual

En 1859 Charles Darwin publicó su famoso libro *El origen de las especies*, y en 1871 otro titulado *El origen del hombre*. En el primero reflexionó sobre la selección natural, que era, según él, la fuerza responsable de las adaptaciones que tienen los seres vivos a sus nichos ecológicos (con palabras de hoy). En el segundo libro prestó mucha atención a la selección sexual, que sería la causa de los caracteres que diferencian a los dos sexos, al margen, claro está, de los genitales externos. Para resumir, mientras que la selección natural tiene que ver con la supervivencia, la selección sexual está relacionada con la reproducción, y las dos son importantes para que se transmitan los genes a las siguientes generaciones. Los muertos no se reproducen, pero los que no encuentran pareja tampoco.

La selección sexual favorece a los individuos más atractivos cuando hay elección de la pareja, o a los más fuertes cuando lo que hay es combate entre los individuos del mismo sexo por la reproducción. Una y otra son las dos formas de selección sexual que postulaba Darwin. La segunda (que Darwin llamaba *the law of battle*, la ley de la lucha) no tiene discusión, pero no es diferente en esencia de la selección natural porque se trata de que unos individuos compiten con otros y gana el más fuerte.

En cambio, los concursos de belleza animal se basan en la pura apreciación estética, y hay muchos autores que se han negado a aceptar que los animales elijan reproducirse con quienes les parecen más guapos. Ese sentido de la estética es lo que se les niega a los animales. El primero que se opuso a la selección basada en la belleza fue Alfred R. Wallace, codescubridor de la teoría de la selección natural, a la que llegó independientemente de Darwin.

¿Cómo se explica entonces la cola del macho del pavo real? Si se descarta su hermosura, ¿qué utilidad puede tener? La respuesta podría ser que una pluma de colorido brillante indica que el pavo está sano,

ha tenido una buena alimentación y un buen desarrollo, le va bien en la vida y no tiene parásitos. Es un triunfador y por eso puede exhibirse en todo su esplendor. Es decir, la belleza podría ser un escaparate de la calidad de los genes. Un «indicador honrado», como se dice en biología.

Yo creo que Darwin tenía razón en que hay caracteres en muchas especies animales que no pueden considerarse adaptaciones ecológicas, y que no tienen más explicación que la selección sexual. Sirven para conseguir pareja, no para comer. Ahora bien, también estoy de acuerdo con Wallace en que los animales no tienen un sentido de la belleza comparable al nuestro.

Para mí, la gran diferencia entre nuestros gustos y los de los animales es que los animales se sienten atraídos sexualmente por los colores, cantos o exhibiciones de los miembros de *su propia especie*, exclusivamente, mientras que a nosotros los seres humanos nos deleitan tanto las exhibiciones de los pavos reales como las de los somormujos, y el canto del ruiseñor tanto como el del canario o el de la soprano. Eso convierte nuestro sentido universal de la belleza en una singularidad de la especie humana, y por lo tanto en otro misterio de la evolución. Solo los humanos disfrutamos con el colorido de la puesta del sol y del arco iris, un día tras otro. Solo nosotros miramos a la luna con asombro.

Así están los debates en el 150 aniversario del libro de Darwin. Pero volvamos al pene.

## Problemas para los paleoartistas

Las diferencias de tamaño entre los machos de gorila se deben sin duda a *the law of battle*, la ley de la lucha, y las diferencias de tamaño entre un sexo y otro en la especie humana actual, aunque no muy grandes, no pueden tener otra explicación que la de que venimos de unos antepasados remotos en los que los machos se peleaban mucho. ¿Pero también hubo en nuestra historia evolutiva selección sexual basada en el aspecto físico o en el comportamiento? Ya hemos visto que algunos autores opinan que las hembras de los ardipitecos seleccionaron a los machos menos agresivos para reproducirse con ellos y que por eso se redujeron los caninos de los machos.

Es evidente que los hombres y las mujeres son físicamente diferentes, por lo que la elección de la pareja ha podido tener un papel en nuestra evolución. Y eso nos trae de vuelta al grueso pene humano y al voluminoso glande. ¿Qué o quién los ha seleccionado?

Una explicación que nos viene a la mente enseguida es la de que su utilidad es la de dar placer a las hembras, estimulando el clítoris. Pero eso nos llevaría a la conclusión de que los penes mucho más delgados de los chimpancés y bonobos funcionan peor como estimuladores del clítoris de las hembras de sus respectivas especies, lo que resulta posible, aunque un tanto extraño, salvo que se piense que el orgasmo femenino es una característica exclusivamente humana. Y hay quien lo piensa. En su libro *La evolución de la belleza* (2017) Richard O. Prum sostiene que el orgasmo femenino ha evolucionado exclusivamente en la línea humana, o por lo menos ha aumentado mucho su intensidad.

En favor de esta teoría está el hecho de que la duración del coito de los grandes simios se mide en segundos, mientras que la humana dura minutos, con muchos movimientos del pene adelante y atrás. En síntesis, la cópula humana no solo es mucho más larga (y esto es un hecho), sino que también podría ser más placentera para el sexo femenino (a causa del mayor grosor del pene). El glande del clítoris humano (el glande es la parte visible del clítoris) tiene ocho mil terminaciones nerviosas, el doble que el glande del pene, y de hecho es la parte más sensible del cuerpo humano y la principal zona erógena de las mujeres. Pero no conozco datos de otros primates para pronunciarme sobre si las mujeres obtienen más placer de su clítoris que las hembras de otras especies durante el coito.

En todo caso, ¿por qué razón las mujeres habrían de disfrutar más de la cópula que las hembras de otras especies muy cercanas? ¿Y desde cuándo ocurriría esto en la evolución humana? ¿Ya sucedía con los australopitecos o hubo que llegar al género *Homo*, o incluso a la especie *Homo sapiens*? ¿Qué pasa con los neandertales? Sabemos que algunas antepasadas nuestras tuvieron sexo (suponemos que placentero) y descendencia con ellos, ¿pero disfrutaban del coito las mujeres neandertales igual que las de nuestra especie? Esas son preguntas que habrá que intentar responder... pero en otro libro.

El arriba mencionado Richard O. Prum es un biólogo que ha reivindicado la evolución estética, y extiende la teoría al caso del ser

humano. A pesar de que nuestros testículos son más pequeños que los de los chimpancés, como ya he dicho, el escroto de los hombres cuelga más (según afirma Prum, yo no sé si hay datos comparativos). Y lo mismo puede decirse del pene humano, que es grueso, tiene un glande llamativo, y también cuelga hasta muy abajo. En resumen, tanto el escroto como el pene se ven a mucha distancia y se mueven al andar. La ausencia de báculo, dice Prum, favorece esos llamativos movimientos pendulares.

Es decir, paradójicamente, los genitales masculinos de nuestra especie son muy conspicuos, aunque los testículos no sean nada del otro mundo. Como esos movimientos pendulares no son prácticos, cabe pensar que sean resultado de la preferencia por parte del otro sexo. Por supuesto, la postura erguida hace que los genitales masculinos sean mucho más visibles en la especie humana que si fuéramos cuadrúpedos.

¿Y por qué habrían de preferir las hembras de nuestros antepasados unos genitales externos que llaman la atención? La respuesta de Prum es que son indicadores de un gran tamaño del pene durante la cópula, es decir, anuncian un placer mayor para la hembra una vez que se produzca la erección.

Aquí hay un pequeño problema lógico, en el que puede que ya haya caído usted. ¿Cómo *sabía* la hembra que un pene grueso y con un buen glande le iba a dar más placer? Si esperaba a que se produjera la cópula para ver el resultado podría ser demasiado tarde y quedar embarazada. Un macho de pene pequeño, que no le diera placer, podría sin embargo ser el padre de su hijo (que heredaría el pene pequeño).

Pero la nuestra es una especie en la que la ovulación no se anuncia, a diferencia de los chimpancés, por lo que la probabilidad de que se produzca la fecundación en la primera cópula es relativamente baja, dado que los días más fértiles son unos pocos dentro del ciclo (aunque, obviamente, se puede producir ocasionalmente la fecundación si la cópula ocurre en esos días). Por eso, dice Prum, en nuestra especie la elección de la pareja se podría más bien describir como la elección del segundo emparejamiento. Nuestras antepasadas repetían con quienes les producían placer, lo que lleva a Prum a otras reflexiones sobre el orgasmo femenino y su evolución que no puedo tratar aquí por falta de espacio.

Esa autonomía sexual de nuestras antepasadas que proclama Prum explica que los genitales externos de los hombres sean claramente más visibles que los de los chimpancés, y esa es una cuestión relacionada exclusivamente con el orgasmo femenino que caracteriza, según Prum, a nuestra línea evolutiva.

Así que ya hemos hablado en este capítulo de dos rasgos masculinos que habrían evolucionado por la selección llevada a cabo por las hembras: machos menos violentos (según Gen Suwa y colaboradores) y con genitales muy visibles (según Prum).

Dado que la postura erguida existía ya en los australopitecos, los genitales masculinos seguro que eran más visibles que en los chimpancés, por lo que yo me pregunto cuándo empezaría esa selección sexual de la que habla Prum. Los artistas que reconstruyen especies fósiles tienen desde luego un problema con los genitales externos.

## ¡SÁTIROS!

A todo el mundo le llama la atención el pequeño tamaño del pene en las esculturas grecorromanas. Obviamente lo hacían a propósito los escultores. Se suele decir que era para destacar otras cualidades que consideraban más nobles y elevadas. Siempre se cita a este propósito la descripción que hace el autor de comedias griego Aristófanes del hombre ideal, con espaldas anchas y pene pequeño. Un pene grande se consideraba una ordinariez.

Yo pienso que realmente esculpían penes y escrotos pequeños, que se podrían describir como infantiles, por cuestiones estéticas, no filosóficas. Les parecía más bonito un cuerpo masculino con el pene corto. Y sin circuncidar, es decir, con el glande cubierto por la piel.

El *David* de Miguel Ángel sigue el mismo patrón clásico de pene pequeño y sin circuncidar, y esto último es contradictorio con la condición de judío del personaje, por lo que debería estar circuncidado. Pero a Miguel Ángel le importaba mucho menos la religión que el arte griego, al que pretendía imitar o incluso superar.

En cambio, a Príapo y a los sátiros, mitad humanos y mitad caprinos, de temperamento lujurioso y mente poco dada al razonamiento abstracto, se los representaba en la Antigüedad clásica

con grandes penes erectos. Parece que los escultores griegos estaban pensando en el sexo cuando representaban a los sátiros con el pene erecto, y estaban pensando en la armonía del cuerpo cuando representaban a sus héroes y a sus dioses. Es la dicotomía entre lo apolíneo y lo dionisíaco que caracteriza el pensamiento griego. El dios Apolo representa el equilibrio y la perfección estética, y el dios Dioniso, patrón de los sátiros, las pasiones y los placeres. El descontrol.

Hay dos magníficas esculturas en el museo del Prado que representan a un sátiro y a Dioniso, pero son efebos y no muestran sus atributos sexuales exagerados. No por eso vamos a dejar de admirarlos.

Se atribuye a Praxíteles una escultura de un sátiro joven en actitud relajada, de la que se conservan más de cien copias romanas. En el Prado se exhibe un ejemplar magnífico de este *Sátiro en reposo*, aunque la pierna derecha fue restaurada en el taller de Bernini (para la reina Cristina) de forma errónea: está cruzada por delante de la pierna izquierda, cuando originalmente estaba retrasada. Se puede ver que es un sátiro por la forma de las orejas apuntadas y por la piel de pantera que lleva, y que es un jovencito por la ausencia de vello púbico. La curva praxitélica está muy marcada y la mano izquierda se apoya en la cadera de una manera muy relajada. Una nueva escultura que deberíamos contemplar en nuestra visita al museo del Prado.

El pintor Velázquez compró en Italia una escultura de Dioniso para el rey Felipe IV que está ahora en el museo del Prado. Es una copia romana bastante completa de mediados del siglo II de un original griego helenístico de hacia el 150-100 antes de la era común. Dioniso nos aparece en esta escultura del Prado con un racimo de uvas en la mano derecha y una copa en la mano izquierda (aunque esta es un añadido). Se aprecia la inspiración praxitélica en la forma en S del cuerpo, que está apoyado en un herma. El dios tiene aquí un aspecto juvenil, sin el vello púbico, porque a Dioniso se lo representaba en ocasiones como un efebo. Con su actitud despreocupada Dioniso nos ofrece a los seres humanos juventud, placeres eternos y olvido de las penas. Puro optimismo. ¡Nos dan ganas de beber de su copa y unirnos a su fiesta permanente!

Los griegos y los romanos vivían rodeados de penes. Por todas partes se veían en aquella época unas cabezas masculinas con barbas

llamadas hermas, seguramente porque empezaron representando al dios griego Hermes, protector de los caminos en la antigua Grecia. Los hermas adornaban también los jardines de las villas romanas y los espacios públicos, y estaban apoyados sobre pilares de piedra en los que aparecían esculpidos unos testículos y un gran pene levantado, que nos parecerían hoy de muy mal gusto en una residencia particular o en un parque.

Pero el pene erecto no tenía esas connotaciones negativas en aquella cultura. Falos de gran tamaño se ponían en las puertas de las murallas y de las casas romanas para ahuyentar los malos espíritus y el mal de ojo. Es curioso que el falo fuera un amuleto tan usado en la época clásica y tan normal en la vida cotidiana, y ahora se oculte a la vista y parezca obsceno.

Volviendo a la biología, no siempre la selección sexual produce diferencias entre machos y hembras, lo que se conoce como dimorfismo sexual. Existen rasgos anatómicos que estando presentes en los dos sexos también podrían ser resultado de la selección sexual. En estos casos podríamos decir que esas características se han seleccionado porque gustan a los dos sexos. Pronto veremos un posible ejemplo en el gran tamaño de las nalgas humanas. Otro problema para los paleoartistas.

*Sátiro en reposo*. Taller romano. Museo del Prado.

# LA PELVIS Y LAS NALGAS

*Una parte de la pelvis se transparenta al tacto a través de nuestra piel, de manera que podemos reconocerla por palpación. El pubis está claro. También sabemos de sobra donde están el sacro y el cóccix (o coxis: la rabadilla), que son la parte final de la columna vertebral. Y ya he hablado de la tuberosidad isquiática, sobre la que nos sentamos. Si con el dedo pulgar recorre ahora el borde superior de la cadera estará palpando la cresta ilíaca. Las crestas ilíacas terminan por delante en unas prominencias muy separadas entre sí. Es fácil tocarlas: hay una a cada lado de la hebilla del cinturón. Por detrás, las crestas ilíacas terminan en el sacro, ahí donde se marcan unos hoyuelos. Pero entre el borde superior de la cadera y la tuberosidad isquiática no tocamos hueso. La pelvis ha dejado de ser subcutánea porque está recubierta de gruesos músculos llamados glúteos. De esos músculos tendremos que ocuparnos en serio porque son los que hacen posible la locomoción bípeda. Uno de ellos es muy grande, el músculo más grande del cuerpo humano. Imagino que ya sabe a cuál me refiero.*

## EL ÚNICO ANIMAL QUE TIENE NALGAS (POR NO DECIR...)

El gran filósofo griego Aristóteles escribió un libro muy famoso sobre los animales, donde acierta de pleno al decir que nos diferenciamos de los cuadrúpedos en que solo nosotros tenemos nalgas. ¡Somos el animal con nalgas! También decía que tenemos las pantorrillas y los muslos (el cuádriceps) más carnosos que los animales, y estaba en lo cierto, como ya sabemos. Atribuye estas diferencias a la postura erguida. ¡Qué gran observador era este filósofo! Pero Aristóteles se equivoca al pensar que las nalgas nos sirven para sentarnos sobre ellas:

> En cambio, el hombre no tiene cola pero tiene nalgas que no tiene ningún cuadrúpedo. Además el hombre tiene también las piernas carnosas,

> tanto los muslos como las pantorrillas, mientras que todos los otros animales las tienen sin carne, no solo los vivíparos, sino en general todos los animales que tienen patas, pues las tienen formadas de tendones, huesos y espinas. La única causa de todo esto, por así decirlo, es porque el hombre es el único de los animales que camina erguido. Para que así soporte la parte superior al ser ligera la naturaleza restó masa corpórea de arriba y añadió peso a la zona de abajo; por eso hizo carnosas las nalgas y también los muslos y las pantorrillas. A la vez a las nalgas les otorgó utilidad para el descanso, pues para los cuadrúpedos no es penoso mantenerse de pie y no se cansan de hacerlo continuamente (al sostenerlos cuatro soportes pasan el tiempo, de hecho, como si estuviesen acostados), en cambio a los hombres no les es fácil permanecer en pie estando erguidos, sino que su cuerpo precisa de descanso y asiento.[1]

En los monos del Viejo Mundo las tuberosidades isquiáticas están recubiertas de las llamadas callosidades isquiáticas, es decir, zonas endurecidas y desnudas de la piel, como islas rugosas rodeadas de piel normal cubierta de pelo. No son almohadillas, sino engrosamientos córneos de la epidermis y las tienen todos los monos del Viejo Mundo, que ya nacen con ellas. En los grandes simios no están tan desarrolladas estas callosidades, pero también existen, aunque de adultos.

En nosotros los humanos no se encuentran, obviamente, las callosidades isquiáticas. No hay más que mirar. Adolph H. Schultz nos da la explicación: «Solo en el hombre, en el que la potente musculatura glútea ha quedado introducida entre la piel y los huesos, estos caracteres típicamente catarrinos nunca se manifiestan en ningún estado pre o postnatal».[2]Tiene razón Schultz en que cuando estamos de pie el glúteo mayor recubre en los humanos la tuberosidad isquiática (le animo a que lo compruebe) y por lo tanto no podemos tener un escudo córneo pegado al hueso en ese lugar.

Ahora bien, cuando los humanos nos sentamos el glúteo mayor se aparta y entonces no nos apoyamos en las nalgas como creía Aristóteles, sino directamente en la tuberosidad sin que medie un callo entre el hueso y el asiento. Esto es algo que no pasa desapercibido si es un duro banco de piedra.

Para ser más exactos, entre la tuberosidad isquiática y el glúteo mayor hay una *bursa* isquioglútea, es decir, una bolsa con líquido sinovial que se interpone entre el músculo y el hueso cuando estamos de pie y actúa como lubricante. Cuando se inflama la *bursa* en cuestión se produce la correspondiente bursitis, que se puede padecer por haber recibido un golpe *en salva sea la parte*, o por pasar mucho

tiempo sentado, ya que la tuberosidad reposa sobra la *bursa* en la postura sedente. Por ese motivo la bursitis isquioglútea es llamada «asiento del tejedor».

Los sillines personalizados de los ciclistas profesionales tienen muy en cuenta la distancia entre las tuberosidades isquiáticas a la hora de darles forma. Los deportistas en general saben mucha anatomía humana y en particular los ciclistas conocen bien el isquion porque pasan mucho tiempo sobre él, de modo que una bursitis isquioglútea es terrible para un profesional.

Pero por otro lado las propias tuberosidades isquiáticas son planas en monos y simios, mientras que son curvadas en nuestra especie y en nuestros antepasados, por lo menos desde los australopitecos.

Da la impresión de que no estamos construidos para sentarnos, porque una tuberosidad isquiática plana parece más adecuada que una curvada, sobre todo si está recubierta por una gruesa callosidad isquiática. Como se verá luego, puede que esa impresión de que literalmente *no tenemos dónde sentarnos* sea cierta. Sorprendentemente, me atrevo a decir, porque ahora mismo estoy escribiendo sentado y seguramente usted me estará leyendo sentado. ¿Cómo es que no estamos diseñados por la madre naturaleza para sentarnos? ¿Es que no lo hacían los australopitecos? Desde luego no tenían sillas, pero tampoco las tienen los monos. Voy a intentar contestar a esta pregunta, pero antes tendremos que profundizar un poco más en la anatomía ósea.

## El anca

Ya es tiempo de que dejemos los tejidos blandos y volvamos a los más duros, es decir, los huesos, en este caso los de la pelvis, que son tres: los dos coxales y el sacro. A su vez los coxales se componen de tres huesos que se fusionan en la adolescencia y se llaman ilion (o ilio), isquion y pubis. El sacro, por otro lado, resulta de la fusión de las vértebras sacras, y se continúa con lo que queda de las vértebras caudales, que es el cóccix.

Según el diccionario de la Real Academia, el término «cadera» se refiere tan solo a la parte superior de la pelvis que sobresale a los dos

lados: el ala ilíaca, técnicamente. Pero yo tengo la impresión de que en el español actual se usa «cadera» o «caderas» para referirse a toda la pelvis. Valverde de Amusco, que debe ser siempre nuestra mejor referencia, ni siquiera utiliza la palabra «cadera», sino «anca»:

> A las salidas de los lados del hueso grande [el sacro] se juntan dos grandes huesos, de cada lado uno, que llamamos las ancas o cuadriles, cada uno de los cuales se compone de tres huesos que se juntan, en los hombres mediante una juntura llamada unión. El primero de ellos hace la parte más alta, que corresponde a la ijada, llamada de los latinos *os ilium*, de nosotros la punta del anca o del cuadril. El segundo hace la de abajo, donde se encaja la cabeza del hueso del muslo [el fémur], llamada de los latinos *coxendix*, de nosotros el cuadril o anca. La parte de delante llaman ellos *os pectinis*, nosotros el hueso del pendejo [pubis].[3]

«Cuadril» es como se dice hoy «cadera» en portugués.

Pero cada cosa a su tiempo. Toca ahora la exploración, o lo que los franceses llaman la *anatomía palpatoria*.

Podemos empezar por arriba, siguiendo el borde superior de la cadera, o cresta ilíaca (hay una por cada coxal). El final por delante (ventralmente) es un saliente (uno derecho y otro izquierdo), un *pico*, que se llama espina ilíaca anterosuperior, y cuyo acrónimo es EIAS. Estos dos *picos anteriores y superiores de la cadera* se encuentran a los dos lados de la hebilla del cinturón, por si quiere localizarlos ahora.

Precisamente la posición de las EIAS nos sirve para definir qué es anteversión y qué es retroversión de la cadera, términos que se utilizan habitualmente en la clase de pilates, en la de yoga y en muchas otras del gimnasio. En posición neutra las EIAS está en el mismo plano frontal que el pubis. En la anteversión, las EIAS se adelantan con respecto al pubis y en retroversión se retrasan.

Detrás (dorsalmente) la cresta ilíaca de cada lado termina, más o menos, por debajo de uno de los dos hoyuelos que los escultores les ponen a las mujeres y que tan bien se marcan en las venus del museo del Prado. Esas son las espinas ilíacas posterosuperiores, o posteriores y superiores, para que se entienda mejor (EIPS).

Entre los dos hoyuelos y el comienzo del pliegue interglúteo que separa las nalgas se marca el triángulo del hueso sacro, que es muy fácil de ver en una persona con el tronco un poco flexionado y la espalda curvada, como en las esculturas llamadas afroditas agachadas.

Préstele un momento de atención al sacro porque es una de las características destacadas en la anatomía humana. Nuestro sacro es

mucho más ancho que el de los grandes simios, en los que tiene forma manifiestamente alargada. Bastaría únicamente con el sacro de Lucy, perfectamente conservado, para saber que caminaba ya sobre sus extremidades inferiores, que por lo tanto habían dejado de ser las extremidades posteriores de los cuadrúpedos.

Entre las dos espinas superiores (la anterior y la posterior), la cresta ilíaca no es horizontal, como podrá comprobar si pasa el dedo por ella, sino que tiene su punto más alto más o menos hacia la mitad.

Así que ya tenemos localizados el borde superior del hueso ilíaco y el sacro. Este se prolonga en el cóccix, como sabemos bien porque duele mucho cuando nos damos o nos dan un golpe en esa zona caudal (la rabadilla). El acetábulo no se puede tocar fácilmente, pero sabemos aproximadamente dónde está por el trocánter mayor del fémur, que sobresale lateralmente. Entre la cabeza del fémur y el trocánter mayor se extiende el cuello del fémur.

Sabemos más que de sobra que la parte inferior del isquion (la más caudal) se llama tuberosidad isquiática, y nos sentamos sobre ella. De hecho, en inglés popularmente se llama *sit bone* o *sitting bone* («hueso de asiento» o «hueso de sentarse») a la tuberosidad isquiática. En algún texto he visto al isquion descrito como ese hueso de la parte baja del coxal que tiene forma curvada como una mecedora, en referencia a la tuberosidad isquiática.

Cuando estamos de pie la tuberosidad isquiática queda a la altura del pliegue glúteo, que es el borde inferior de las nalgas. Compruébelo ahora mismo.

En la tuberosidad isquiática (*la mecedora*) se originan los famosos músculos isquiotibiales, de los que tanto hemos hablado. Se sitúan en la parte posterior del muslo y, como ya sabemos, son extensores de la cadera cuando el punto fijo es la tibia y flexores de la rodilla cuando el punto fijo es la cadera.

La región del cuerpo del pubis y de la sínfisis púbica también se palpa fácilmente. Entre los dos pubis (derecho e izquierdo) se interpone, en la sínfisis, un cartílago fibroso. Es un tipo de articulación semejante a la de los discos intervertebrales.

Ya tenemos todas las referencias que necesitamos en nuestra exploración externa: la cresta ilíaca y sus espinas anterior y posterior, el sacro y el cóccix, el pubis y las tuberosidades isquiáticas. De la posición del acetábulo tenemos referencias por el trocánter mayor.

El ala ilíaca de cada hueso coxal está por debajo de la cresta ilíaca y llega hasta el acetábulo. Siguiendo con el dedo la cresta ilíaca, desde la EIAS hasta la EIPS, podrá ver que el ala ilíaca derecha se orienta (mira) hacia el lado derecho, y la del ala izquierda hacia el lado izquierdo, o sea, que las alas se orientan (miran) hacia el trocánter mayor correspondiente (nunca me cansaré de hablar del trocánter mayor).

En los cuadrúpedos en general, y por supuesto en los primates no humanos, la morfología del ala ilíaca es muy diferente. Para empezar es más alta y estrecha que la humana, y en segundo lugar se orienta (mira) hacia atrás, no hacia el trocánter mayor. En proporción a la altura total del tronco el ala ilíaca de los chimpancés es, con muchísima diferencia, la más alta de todos los primates superiores.

El ala ilíaca humana es proporcionalmente baja y ancha, y no se orienta dorsalmente. Esa diferencia tiene mucho que ver con la acción de los músculos que se originan en el ala ilíaca y que de atrás hacia delante son el m. glúteo mayor, el m. glúteo medio, el m. glúteo menor y el m. tensor de la fascia lata.

Y ahora sí, vamos con la gran pregunta.

## ¿Para qué sirven las nalgas?

Es imposible que el m. **glúteo mayor** pase desapercibido porque es el músculo con mayor volumen del cuerpo humano. Se origina en la parte posterior del ala ilíaca, y también en el sacro y el cóccix. La mayor parte de sus fibras se insertan en la cara posterior del fémur, en la llamada por eso tuberosidad glútea. Este músculo de forma rectangular es el que forma las nalgas, pero no acaba en el pliegue glúteo, como podría suponerse, sino que continúa hasta llegar a su inserción en el fémur.

¿Cuál es la razón de que los humanos tengamos este músculo tan sobresaliente, en todos los sentidos? También existe en los grandes simios pero en ellos no destaca. ¿Se imagina un chimpancé con un buen trasero? ¿No nos parecería muy humano, incluso sexy? No, en el glúteo mayor de los grandes simios no se ha fijado nunca nadie, y en su falta de abultamiento tampoco se suele reparar. Hay que preguntarse, en consecuencia, si el glúteo mayor lleva a cabo en los

seres humanos alguna función que no exista en los grandes simios, y desde cuando la realiza.

Como los seres humanos somos bípedos y los grandes simios no, lo primero que nos viene a la mente es que el glúteo mayor debe de hacer alguna contribución decisiva a la locomoción humana. De ser así, existiría el abultamiento de las nalgas desde los australopitecos, los primeros bípedos completos de los que tenemos noticia. Ellos y ellas ya tendrían el trasero redondeado y prominente. Ya hemos dicho que a los australopitecos, por el hecho de ser bípedos, podemos suponerles una pantorrilla carnosa (con gemelos abultados), así que desde las caderas toda la extremidad inferior nos parecería muy humana.

En los seres humanos el glúteo mayor actúa como extensor de la cadera. En los chimpancés el glúteo mayor no es exactamente igual que en los humanos porque se compone de dos partes, no de una sola como en nuestro caso. La porción superior es el m. *glúteo mayor propiamente dicho*, que es equivalente a nuestro m. glúteo mayor. Pero en el chimpancé es más importante la otra porción, la inferior, que es el m. *glúteo isquiofemoral*, que va de la tuberosidad isquiática hasta la cara lateral del fémur. Este m. glúteo isquiofemoral actúa como un extensor de la cadera.

Ahora nos ocuparemos del glúteo mayor propiamente dicho del chimpancé porque es el homólogo a nuestro glúteo mayor, y nos olvidaremos completamente del músculo glúteo isquiofemoral, que los humanos no tenemos.

Con la cadera semiflexionada, que es como los chimpancés suelen andar a cuatro patas y como se suben a los árboles, el glúteo mayor propiamente dicho pasa por encima del acetábulo, cubriéndolo, y en consecuencia no funciona como un extensor porque su línea de acción es lateral (tira de lado). También está semiflexionada la cadera en las raras ocasiones en las que los chimpancés se ponen a dos patas y dan pequeños pasos (pero no zancadas). Nunca extienden la articulación de la cadera, porque también mantienen la rodilla flexionada.

Y la verdad es que se haría raro ver a un chimpancé con las articulaciones de la cadera y de la rodilla extendidas; nos parecería un humano pequeño y peludo... o un australopiteco. Para que el glúteo mayor propiamente dicho del chimpancé fuera un músculo extensor haría falta que la línea de acción del músculo pasara por detrás de la

articulación de la cadera, no por encima de ella.

## ¿Sirven para caminar?

Parece deducirse de lo dicho que para la adquisición de la postura bípeda se necesitaban los servicios que como extensor de la cadera presta el glúteo mayor en nuestra especie. De hecho, se lee en muchos textos de evolución humana que si no fuera por ese músculo la locomoción bípeda no sería posible, ya que el tronco se vencería hacia delante (se colapsaría, se doblaría, se cerraría como una navaja, que es el verbo que utilizan para este movimiento los ingleses: *to jack knife*).

Es decir, el glúteo mayor hace en esas situaciones de *polea de la articulación de la cadera* para poner el tronco vertical y evitar el vuelco de la pelvis. La anatomía funcional es más fácil de entender si uno *se pone en el lugar del músculo*, y yo ahora me estoy imaginando que soy el glúteo mayor y estoy tirando hacia abajo para enderezar el torso, como hago con la correa de la persiana para levantarla.

En resumen, se podría pensar que el glúteo mayor es imprescindible para que usted y yo podamos caminar por la acera de nuestra calle, y que por lo tanto su desarrollo tuvo que ser muy antiguo en la evolución humana, tanto como la marcha erguida.

Un famoso antropólogo físico y primatólogo americano llamado Sherwood Washburn formuló en 1951 la teoría de que el cambio de función del m. glúteo mayor fue el primer paso que se dio en la adquisición de la postura bípeda. Para ello, naturalmente, era necesario que su línea de acción se retrasara, es decir, que el glúteo mayor tirara desde detrás y levantara el torso, como en el ejemplo de la correa de la persiana.

No hace falta mucha palpación para darse cuenta de que nuestros glúteos mayores (los que forman las abultadas nalgas) se encuentran por detrás de los correspondientes acetábulos, cuya posición aproximada conocemos por medio del trocánter mayor, que ya tiene que ser nuestro amigo para siempre en esta exploración del cuerpo humano. Como los glúteos se insertan en la cara posterior del fémur, no cabe duda de que su contracción producirá la extensión de la cadera.

Si comparamos el ala ilíaca humana con la de un chimpancé

podemos ver que la del simio es más alta (a pesar del menor tamaño del chimpancé), pero también más estrecha (a mí me recuerda a una pala de jugar al frontón). Lo que ocurrió con los primeros pasos de la humanidad, según Washburn, es que el ala ilíaca se acortó y después se inclinó hacia atrás, llevando el origen del glúteo mayor a una posición retrasada que hacía que su línea de acción pasara por detrás del acetábulo, en lugar de lateralmente. Para Washburn, el glúteo mayor era absolutamente necesario para que se produjera la extensión completa de la cadera cuando el pie se despega del suelo, impulsando, lanzando, el cuerpo hacia delante. Los chimpancés no podrían dar el impulso final según esta teoría. Ande ahora unos pasos a cámara lenta para entender el movimiento.

Washburn creía que todo esto estaba relacionado con el parto, pero ese argumento no nos interesa ahora y además es poco creíble. Lo que importa es que Washburn estaba convencido de que sin la función extensora de la cadera del glúteo mayor la locomoción humana no era posible.

El viejo Washburn decía, con razón, que la suya era una teoría científica porque los dos presupuestos fundamentales (o axiomas) sobre los que está edificada su hipótesis pueden y deben confirmarse. Son estos: i) que en los primates no humanos el glúteo mayor no funciona como un extensor, y ii) que los humanos no podrían caminar sin él. El primer postulado me parece acertado. Pero el segundo presupuesto ha resultado ser completamente falso.

En efecto, no solo se ha observado que el glúteo mayor apenas se activa durante la marcha humana normal, sino que se ha comprobado que con el músculo paralizado se camina perfectamente *sobre un suelo horizontal*. Los problemas aparecen al subir escaleras, al andar sobre una rampa muy inclinada, y por supuesto al trepar. En esas situaciones la cadera se flexiona y el tronco se inclina, por lo que se necesita que intervenga el glúteo mayor para impedir que se vuelque hacia delante, como cuando una tijera o una navaja se cierran. El glúteo mayor lo evita *subiendo la persiana*.

Pero los humanos no trepamos por los árboles tan a menudo como para justificar que el glúteo mayor sea un músculo hiperdesarrollado. Un músculo enorme sin una función biomecánica conocida que lo justifique. Así que nos encontramos ante un problema sin resolver. Y esos son los que más me divierten.

En la figura *Los siete magníficos de la locomoción bípeda* puede ver la función que realizan los grupos musculares más importantes durante la marcha erguida. Esta información nos va a resultar muy útil a todo lo largo del libro. Para empezar, vemos que sobre un piso horizontal el glúteo mayor solo interviene para retener la pierna al final de la fase de balanceo. Es decir, controla el movimiento de la pierna una vez que está lanzada, pero no la impulsa hacia delante como creía Washburn. No es un muelle, sino un freno.

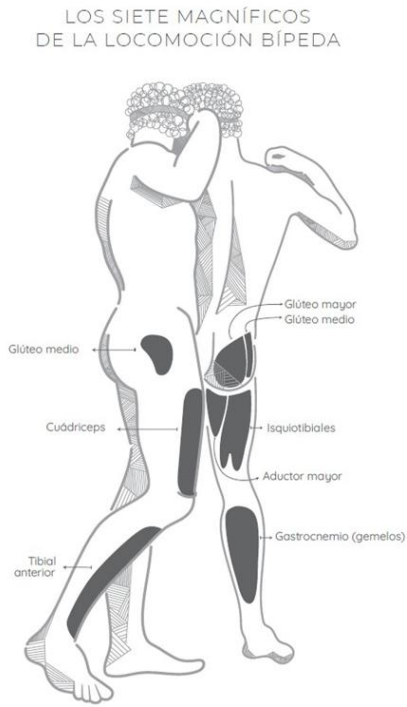
## ¿Sirven para correr?

Un catedrático de Harvard, Daniel Lieberman,[4] ha medido (con una técnica que se llama electromiografía y consiste en poner electrodos en los músculos) la actividad muscular durante la locomoción humana y ha confirmado que sobre un plano horizontal el m. glúteo mayor apenas interviene. Sin embargo, el músculo se activa cuando corremos, y esa podría ser la explicación que estamos buscando. En realidad ya se había dicho que el glúteo mayor se contraía al correr, pero esta investigación de Lieberman y colegas es la prueba que hacía falta.

¿Para qué hace falta el glúteo mayor en la carrera? En las pruebas de velocidad el torso se lleva bastante vertical, excepto en la salida desde los tacos (se parte de la posición cuadrúpeda) y al cruzar la meta, cuando los corredores se lanzan para cortar la cinta con el pecho y a veces se caen de bruces. Fíjese a partir de ahora. Los glúteos mayores no trabajan mucho, por lo tanto. Pero cuando corremos sostenidamente (en carreras de fondo) el torso se inclina y los glúteos mayores intervienen para impedir que se vuelque hacia delante.

Tenemos pues unas nalgas abultadas para correr o, mejor dicho, para no caernos de bruces cuando corremos. Los australopitecos, con sus piernas cortas, seguramente no serían grandes corredores, por lo que tal vez tengamos que imaginarnos a estos homininos fósiles con nalgas de pequeño o moderado tamaño, mayores de todas formas que las de los chimpancés y demás simios. El glúteo mayor representa el 18 % de la musculatura de la cadera en un humano, mientras que en los chimpancés es el 12 % (sumando los dos tipos de glúteo mayor que tienen ellos). La verdad es que, ahora que lo pienso, me resulta

gracioso imaginarme a Lucy o a Little Foot corriendo a toda velocidad por la sabana (esprintando para huir de un depredador) o manteniendo un trote constante para recorrer una larga distancia, al modo de los corredores de fondo.




Durante la marcha bípeda son muchos los músculos que entran en juego, y hay tres articulaciones principales afectadas: la de la cadera, la de la rodilla y la del tobillo. A estas se añaden las articulaciones de los diferentes huesos del pie. Sobre el *Diadúmeno* del museo del Prado se marcan en la ilustración los principales músculos que intervienen cuando marchamos[5]

En la zancada se distinguen dos fases: una apoyada y otra de balanceo. El inicio de la zancada se representa como el momento en el que el talón del pie adelantado contacta con el suelo. Cuando un pie está en la fase de balanceo el otro está en la fase apoyada. Entonces intervienen los músculos estabilizadores de la cadera, representados en la ilustración por el m. glúteo medio.

Volveremos a hablar de la carrera, y de cuándo los seres humanos nos convertimos en *corredores profesionales de resistencia*.

## ¿Sirven para levantarnos desde la posición en cuclillas?

Hay otra explicación posible para el abultado glúteo mayor que ha propuesto mi amigo el fisioterapeuta evolutivo, como él se define, Luis Perales. Los glúteos mayores son importantes en el levantamiento de peso cuando se parte de una posición en cuclillas, como suele ocurrir en halterofilia (levantamiento de pesas). Esto lo saben bien los asiduos a las salas de musculación del gimnasio.

Pero, en general, los glúteos mayores se utilizan siempre para ponerse de pie desde la posición en cuclillas, aunque solo tengamos

que levantar nuestro propio peso. En la posición en cuclillas, por cierto, se flexionan al máximo tanto la articulación de la cadera como la de la rodilla, por lo que para que nos levantemos también tienen que entrar en acción los músculos extensores de la rodilla, es decir, el m. cuádriceps. Por eso las sentadillas se han puesto muy de moda para tener unos glúteos bien desarrollados y firmes, y también unos buenos cuádriceps.

Levantarse sin apoyarse desde la posición en cuclillas es una dura prueba para una persona que no trabaje esas articulaciones y, de hecho, es un test eficaz ¡y totalmente gratuito! para estimar el estado general de salud de una persona (y los años que le quedan de vida). ¿Se atreve a intentarlo? Y todavía se considera un mejor biomarcador sentarse en el suelo con las piernas cruzadas y levantarse sin ayudarse con las manos, pero superar este test no está al alcance de todo el mundo a partir de cierta edad.

Volviendo a la evolución, un glúteo mayor tan enorme podría servir para levantarnos desde la posición en cuclillas. Los monos y los simios, señala Luis Perales, no pueden ponerse en cuclillas, ya que tocan con las tuberosidades isquiáticas en el suelo cuando flexionan del todo las rodillas y la cadera. Pero en la posición en cuclillas de los humanos las nalgas no llegan a posarse en el suelo. Pruebe.

Eso se debe a dos factores: por un lado, los monos y los simios tienen las piernas más cortas que nosotros y, por otro lado, tienen los huesos isquiáticos más largos. Es decir, la tuberosidad isquiática está más lejos del acetábulo (la articulación con el fémur) en los monos y simios que en los seres humanos. Y eso vale para cualquier cuadrúpedo en general. Nuestros niños pequeños, pese a tener las piernas cortas, tampoco tocan con el trasero en el suelo al ponerse en cuclillas, y seguro que eso guarda relación con lo reducido de sus isquiones.

Por otro lado, los monos y los simios no pasan de la posición sentada a la posición vertical, sino a la cuadrúpeda. Sin embargo nosotros nos levantamos desde el suelo hasta ponernos de pie, así que necesitamos unos potentes músculos extensores de la rodilla y de la cadera. Cuádriceps y glúteos mayores.

## Lo explico otra vez

Como todo esto puede resultar lioso, lo voy a explicar de nuevo desde el principio. Para eso estamos. En la posición en cuclillas las dos articulaciones están flexionadas: la rodilla y la cadera. Al levantarnos las dos se extienden. Para extender la rodilla actúa el potente m. cuádriceps, y para extender la cadera el m. glúteo mayor. Entre los ejercicios que se realizan en los gimnasios las sentadillas son muy recomendadas para robustecer los muslos y los glúteos, y más si se realizan con pesos.

Los australopitecos, a diferencia de los chimpancés y bonobos, no llegarían con las tuberosidades isquiáticas a tocar suelo estando con las rodillas flexionadas, porque sus piernas eran más largas y sus isquiones, más cortos. Ya no quedan australopitecos a los que observar, pero podemos mirar a nuestros niños pequeños, que se ponen en cuclillas de forma espontánea y no tocan con el trasero el suelo. Y Lucy tendría la estatura de un niño actual de cuatro años, aproximadamente, y un isquion decididamente corto, casi como el del niño.

Quizás por ese motivo, se me ocurre ahora, los humanos no tenemos callosidades isquiáticas, y desde los australopitecos las tuberosidades isquiáticas no son planas, sino con forma de mecedora, como si ya no estuvieran adaptadas para sentarse en ellas.

Por otro lado, aunque en algunas regiones europeas nos sentemos sobre una silla desde hace muchos siglos (o por lo menos lo hacían las clases dirigentes), las cuclillas son la postura más frecuente para hablar en corro entre los árabes, chinos, indios y casi todas las culturas menos la occidental. A los niños muy pequeños se los puede sentar en una silla, pero ellos prefieren el suelo. Incluso hay que enseñarles (o sea, obligarlos) a defecar sentados, porque ellos hacen caca agachados de forma espontánea. Y también la postura flexionada es la más ampliamente adoptada para dar a luz. Lo decía nuestro Valverde de Amusco a mediados del siglo XVI: «empero estando de rodillas, y echadas algo hacia delante, paren con menos trabajo [que sentadas]».

Parece además de sentido común que no hemos sido seleccionados a lo largo de millones de años para sentarnos en una silla, por la misma razón que la nariz no está ahí para llevar gafas. Si yo tuviera que representar a nuestros antepasados de Altamira haciendo vida social y calentándose alrededor del fuego, o tallando

sus herramientas de piedra, o comiendo, o realizando casi cualquier tarea en el campamento, los pintaría en cuclillas. Algo que, por otro lado, no se suele ver en las reconstrucciones de la prehistoria. O están sentados, o están de pie.

## No se lleve la silla a la playa

Como tenemos piernas largas y nuestra postura de descanso más natural es en cuclillas, parece lógico pensar, dice Luis Perales, que los problemas de columna o de suelo pélvico serán menos frecuentes en las sociedades en las que la vida se hace en cuclillas. Ahí, en la epidemiología, tenemos un amplio terreno para poner a prueba la hipótesis. Si en los países que no usan todo el tiempo las sillas hay menos problemas de columna y de suelo pélvico habrá que empezar a mirar a las sillas con recelo, por estrafalario que parezca.

Este es un buen ejemplo de lo que se llama la medicina darwinista o evolucionista, que busca las causas de las enfermedades en un conflicto entre nuestras adaptaciones biológicas (producto de cientos de miles de años o de millones de años de evolución por selección natural) y el estilo de vida artificial de las sociedades industrializadas. Ese conflicto se puede prevenir, hasta cierto punto, sin renunciar a las comodidades de la vida moderna. Tampoco se trata de vivir completamente en la prehistoria, aunque solo sea porque no deseamos que se repita la enorme mortalidad infantil de aquella época. Pero al menos, ¡no se lleve la silla a la playa! Vuelva a la prehistoria un rato, siéntese en la arena o póngase en cuclillas para jugar con los niños y levántese desde ahí. Es un magnífico ejercicio y su cuerpo lo agradecerá.

Que nuestros antepasados prehistóricos estaban mucho más tiempo en movimiento que un hombre o una mujer modernos de una sociedad industrializada parece evidente. Si nos preguntaran al respecto todo el mundo contestaría que la vida prehistórica era más activa que la actual, porque ellos y ellas tenían que cazar y recolectar vegetales, para lo cual estaban obligados a andar mucho. Y sin embargo no debemos dar nada por sentado si queremos comportarnos como buenos científicos.

No hay modo de saber cuántas horas al día estaban de pie

nuestros antepasados, pero sí podemos observar a las sociedades actuales que llevan un estilo de vida no industrial, y a ser posible basado en la caza y la recolección. Los hadzas del lago Eyasi, en Tanzania, todavía tienen una economía paleolítica. No crían ganado y no cultivan la tierra y por eso han sido tan estudiados. No porque sean nuestros antepasados, sino porque nos los recuerdan. Desgraciadamente para ellos, ya no habitan en los ecosistemas más productivos, los más ricos en caza y alimento vegetal, porque los han ido arrinconando los agricultores. En este sentido se diferencian mucho de los cazadores y recolectores de antaño, los hadzas de principios del siglo pasado, sin ir más lejos, que vivían en un paraíso de la fauna salvaje.

La sorpresa[6]es que ese número de horas, las que estamos de pie, apenas es diferente en los hadzas y en los occidentales estudiados (holandeses, australianos y estadounidenses). Está en torno a las nueve horas. El resto del tiempo se va en dormir y en no hacer nada.

Pero es precisamente en la forma de descansar en lo que los hadzas se diferencian de los occidentales, y digo occidentales porque en otras culturas los resultados serían diferentes. Los hadzas adultos apenas se sientan en algo parecido a una silla, sino que lo hacen en el suelo, y pasan un porcentaje importante del tiempo de descanso en cuclillas (18 %) o de rodillas (12,5 %). Del tiempo que pasan en cuclillas las dos terceras partes lo hacen sin apoyarse. Es decir, la diferencia entre los hadzas y los occidentales es que para los africanos una parte importante del tiempo que no están de pie es de descanso activo, lo que implica la contracción de algunos músculos que no se usan estando sentados o tumbados.

En el estudio de los hadzas se ha podido medir la actividad durante las cuclillas (asistidas y no asistidas) del m. tibial anterior, el m. sóleo y el m. vasto lateral (que pertenece al m. cuádriceps) y se ha constado que trabajan mucho más que sentados en el suelo o en una silla.

Hay estudios fisiológicos que apuntan a que es el descanso pasivo sin actividad muscular (como estar sentados en un silla) el que resulta perjudicial para la salud, al reducir el metabolismo de los lípidos y la glucosa, y afectar negativamente a la circulación sanguínea, la salud endotelial (los vasos sanguíneos) y la regulación de la inflamación.

Para terminar, hay que añadir que los hadzas dan excelentes

valores en algunos de los más importantes biomarcadores de riesgo cardiovascular, como las concentraciones de colesterol, HDL, LDL, triglicéridos y glucosa. Los hadzas y otros pueblos que practican la caza y recolección y no tienen acceso a la medicina moderna no mueren tan jóvenes como se piensa. La mortalidad infantil es alta, desde luego, pero el intervalo de edad que registra más muertes entre los adultos (la llamada edad modal de muerte) está en torno a los setenta años. Apuesto que no se esperaba que los cazadores y recolectores viviesen siete décadas si conseguían llegar a adultos.

En conclusión, parece que estar siempre sentados en una silla no es natural ni bueno para el corazón. Es mejor el descanso activo, aunque esta expresión parezca contener una contradicción en sus términos, un oxímoron.

Las teorías de Lieberman y de Perales son, por supuesto, compatibles, y es, de hecho, esperable que más de un factor forme parte de la explicación de por qué tenemos las posaderas tan prominentes. Aunque empiecen con una función, las estructuras anatómicas suelen ir coaptando otras a lo largo de la evolución.

## El *diadúmeno* visto por detrás

Si vamos a hablar de nalgas debemos volver al museo del Prado para ver las esculturas clásicas, masculinas y femeninas, pero esta vez por detrás y de lado. Las nalgas del *Diadúmeno* son tremendamente voluminosas pero tienen una marcada depresión entre el trocánter mayor y el glúteo, de manera que la forma de la nalga es arriñonada, o con forma de alubia, no redondeada o semiesférica. Este es el que se consideraba el tipo masculino ideal en la estatuaria clásica. Una nalga prominente pero cóncava lateralmente. También son voluminosas las nalgas de la *Venus del delfín* pero no tienen ninguna depresión entre el trocánter mayor y el glúteo mayor porque las nalgas de las esculturas femeninas clásicas son completamente redondeadas.

«Todo el mundo quiere mejores glúteos. Más grandes, más fuertes, más definidos, más potentes. Ya sea por estética o por función, mujeres y hombres invierten horas y horas de su tiempo buscando la forma de desarrollar esa zona.» Frases como esta pueden encontrarse en las páginas de internet donde se presentan ejercicios para

redondear los glúteos y los muslos (el m. cuádriceps) haciendo sentadillas (en inglés, *squats*). Ellos y ellas, aspirantes a modernos apolos y afroditas, quieren tener unos glúteos perfectos, aunque para conseguirlo tengan que sudar durante horas y horas, días y días, meses y meses, años y años.

En otra página de internet se presenta «el método japonés» para tener un trasero perfecto con solo cuatro minutos de dedicación al día. La explicación del sistema nipón empieza con estas palabras: «Los glúteos son uno de los primeros músculos de nuestro cuerpo que pierden la tonificación cuando se abandona el ejercicio y, también, de los que más resaltan en nuestra figura. Además, tanto hombres como mujeres sienten cierta debilidad por dejar caer la mirada hacia la parte trasera de la persona que los atrae».

He encontrado una página que empieza así: «Mostrar un buen aspecto es algo que preocupa por igual tanto a hombres como a mujeres, y por lo general ambos sexos coinciden en que una de las partes que les gustaría mejorar y fortalecer son los glúteos», pero dos párrafos más adelante se sincera: «Seamos claros... el mejor ejercicio para conseguir un buen culo es la sentadilla».

Así que este interés por el trasero no hace diferencias. Todo el mundo deja caer su mirada sobre el trasero ajeno y desea tener el propio en buenas condiciones. ¿Por qué será?

Darwin, por supuesto, era consciente de que había rasgos que no eran adaptativos, es decir, que no tenían que ver con la lucha por la vida, pero que no diferenciaban a los dos sexos, sino que se encontraban por igual en machos y hembras. Serían rasgos que hacían atractivos a unos y otros y que se transmitían por igual a hijos e hijas.

Darwin no habla de traseros en sus libros, pero esas prominencias semiesféricas que llamamos nalgas parecen atraer a todos por igual, según vemos en las páginas web que hablan de cómo tener unos glúteos perfectos. Podría ser, por lo tanto, un caso de selección sexual, que no excluye tampoco a la selección natural. Me explico: podría darse el caso de que un glúteo mayor poderoso fuera importante en la carrera, y se seleccionara por ello, y que después resultara sexualmente atractivo y sufriera una presión de selección añadida.

Piense en todo ello mientras hace sus sentadillas. Yo me estoy imaginando ahora cómo les quedarían unos pantalones vaqueros al *Diadúmeno* y a la *Afrodita del delfín*, y me parece que resaltarían sus

glúteos. De hecho, los glúteos del *Diadúmeno* y otras esculturas griegas son exagerados, más prominentes y redondos que en cualquier humano actual, por muy deportista y joven que sea. Seguramente se trate de una convención del canon griego. Cada cultura representa el cuerpo humano de acuerdo con su patrón de belleza, que no tiene por qué corresponderse exactamente con la realidad biológica, sino con la ideología local. Recuerde lo comentado a propósito del pene. Se ha dicho que los griegos *inventaron* el cuerpo humano, *su cuerpo humano ideal*, al menos. Piense por ejemplo en el famoso perfil griego, en el que la nariz se continúa con la frente.

Dos artistas interesados por la anatomía humana, Anthony Apesos y Karl Stevens,[7]opinan que los griegos destacaban tanto el trasero porque, como escribiera Aristóteles, eran conscientes de que es lo que nos separa de los animales. Obviamente Policleto no seguía a Aristóteles, ya que es anterior en el tiempo, pero sí me parece que los griegos al menos intuían que el glúteo mayor nos hace únicos entre todas las criaturas, nos hace humanos. Y es verdad, sea por selección natural, por selección sexual o por ambas cosas.

Pero pienso que la razón fundamental de los traseros voluminosos de la estatuaria grecolatina es de carácter estético. Unos glúteos abultados son necesarios para equilibrar los diferentes volúmenes del cuerpo humano cuando se ve en todas las perspectivas y no solo por delante.

Por todo ello, cuando visiten el museo del Prado denle la vuelta al *Diadúmeno* para mirarlo por detrás. Denle, literalmente, muchas vueltas al problema de los glúteos. Yo no dejo de pensar en la acertadísima descripción del cuerpo humano que hizo hace más de dos mil años el griego Aristóteles: el animal que tiene las pantorrillas, los muslos y las nalgas carnosas.

No acabamos con las funciones del glúteo mayor en este capítulo. Volveremos sobre el tema más adelante y, sorprendentemente, cuando hablemos de esa mano tan hábil que tenemos, otro de los grandes *inventos* (y enigmas) de la evolución humana. Aunque *Homo habilis* sea el nombre de una especie concreta, todos los homininos somos hábiles desde los australopitecos.

Ahora me gustaría hablar de la fuerza de nuestros músculos, para terminar este capítulo que hemos pasado en parte en el gimnasio, musculando nuestros glúteos y nuestros cuádriceps para tonificarlos y

también para lucir mejor. O con los hadzas practicando el descanso activo.

Porque todos tenemos la idea de que somos una especie débil que no puede vencer en el combate a ninguna otra especie si no goza de la superioridad de un arma y también de la superioridad numérica. Los chimpancés, sin ir más lejos, nos destrozarían si tuviéramos que combatir con ellos cuerpo a cuerpo, se dice (y es verdad). Si imaginamos a los ardipitecos con tanta fuerza como los simios, ¿cómo hemos podido perderla en tan pocos millones de años? ¿Cómo nos hemos convertido en la especie más blandengue que existe sobre la faz de la Tierra? ¿Y por qué motivo?

## La especie blandengue

Se ha hablado tanto de la extraordinaria fuerza de los chimpancés, supuestamente varias veces superior a la humana, que se ha convertido en un tópico. Rebeca Atencia, una veterinaria española que ha pasado toda su carrera científica con proyectos de reintroducción de chimpancés cautivos en la selva africana, me confirma que su fuerza es descomunal. Me parece lógico por lo que he comentado tantas veces de su acrobática vida, y por lo que sabemos de su anatomía. Pero en realidad no es fácil medir la fuerza de un animal, porque no se someten de buen grado a las pruebas que se realizan con seres humanos y tampoco es fácil que entiendan lo que les pedimos.

En 2017 se publicó un artículo que estudia directamente las fibras musculares de los chimpancés.[8]Las muestras se tomaron sobre cadáveres en dos músculos que ya conocemos bien, a estas alturas: el m. gastrocnemio (los gemelos, en este caso el fascículo lateral) y el m. vasto lateral (recuerde, una de las cuatro cabezas del m. cuádriceps, en la cara anterior del muslo).

Antes de contar los resultados que se obtuvieron es necesario distinguir entre fuerza y potencia muscular, que son dos magnitudes diferentes, aunque se confundan en el uso habitual. Si es aficionado al motor lo entenderá más fácilmente. En el mundo automovilístico se llama «par motor», o «torque», a la fuerza necesaria para imprimir al cigüeñal un movimiento rotatorio, movimiento que a través de una serie de engranajes se transmite finalmente a las ruedas, que giran y

mueven el vehículo. El par motor o fuerza rotacional sería equivalente al empuje del coche. En el ciclismo, el equivalente es la fuerza de la pedalada.

Y potencia es la velocidad con la que se realiza el trabajo, el número de revoluciones o de pedaladas por unidad de tiempo, un minuto por ejemplo.

En el gimnasio la fuerza es la capacidad de levantar un peso, y la potencia el número de repeticiones del ejercicio en un tiempo determinado o, lo que es lo mismo, la velocidad con la que se levanta la pesa. Imagine que está haciendo *curl* de bíceps con mancuernas. La fuerza se mide por el peso de las mancuernas, y la potencia por el número de veces que las levanta en un tiempo determinado, o el tiempo que tarda en hacer una serie de, pongamos, diez ejercicios.

En el mundo del motor fuerza y potencia son, en cierto modo, magnitudes opuestas. En un vehículo todo terreno o en una caravana prima el empuje, es decir, la fuerza, sobre la velocidad. En un coche deportivo lo que se busca es la potencia.

Pero los animales no tenemos motores, ni engranajes, ni ruedas ni pedales, así que vamos a ocuparnos de los músculos un momento.

Para empezar, los pueblos que conocemos de cazadores y recolectores modernos, como los hadzas de Tanzania, los achés del Paraguay, los pigmeos de la selva africana, los bosquimanos del Kalahari, etc., no son extraordinariamente altos y musculosos. Podríamos describirlos como fibrosos y más bien pequeños, o muy pequeños. Lo mismo diríamos de los indígenas del Amazonas, que son cazadores, recolectores y horticultores (cultivan en pequeños claros que abren en la selva), o de los papúes de Nueva Guinea, que son granjeros a pequeña escala. Los describiríamos a todos ellos como fuertes, pero no extraordinariamente musculosos, ni tampoco altos. Es cierto que realizan mucha actividad durante el día, pero no levantan grandes pesos habitualmente. Es decir, no entrenan con máquinas en un gimnasio, que es lo que hace falta para que los músculos adquieran mucho volumen. Con el tipo de ejercicio que llevan a cabo estas culturas en su vida diaria lo que prima es la potencia sobre la fuerza, la repetición sobre la carga. Podemos imaginarnos a los *Homo sapiens* del Pleistoceno como a los pueblos que acabo de mencionar, aunque parecen haber sido más altos, en Europa por lo menos. También los tehuelches (patagones) eran altos.

En nuestros músculos hay dos tipos de fibras: las fibras llamadas de contracción lenta y las de contracción rápida. La proporción de unas y otras varía con los individuos, pero siempre dentro de los límites de la especie. Pues bien, la proporción de estos dos tipos de fibras tiene que ver con la fuerza y con la potencia. En los velocistas predominan las fibras de contracción rápida, y en los fondistas las fibras de contracción lenta. Los fondistas tienen menos esprint pero son más resistentes.

El estudio al que me he referido sobre los músculos de los chimpancés indica que su proporción de fibras musculares de contracción rápida es superior a la humana, dándole más fuerza al músculo, pero al mismo tiempo las fibras son más largas, con lo que se aumenta la velocidad de contracción del músculo. El resultado es que los chimpancés tienen al mismo tiempo más fuerza y más potencia que nosotros. Nos superan en un tercio, aproximadamente, de capacidad muscular. Nos pueden, y además tienen caninos terribles. Los chimpancés deben de pensar que somos una especie muy blandengue.

Los autores del trabajo creen que los australopitecos se parecerían más a los chimpancés en el tipo de fibras musculares (no en los caninos) que a los humanos actuales, y que el cambio hacia una musculatura adaptada a la resistencia se dio con el *Homo erectus*.

Es decir, nuestros músculos cambiaron cuando nos convertimos en una especie caminante, necesitada de recorrer grandes distancias para conseguir un alimento que es muy energético, pero que se encuentra concentrado en *paquetes de calorías* y disperso, tanto da que se trate de carne como de vegetales. Y de eso, de caminar, vamos a hablar en el próximo capítulo.

Pero recuerde que hay dos tipos de fibras en los músculos, porque también vamos a hablar de ellas en un lugar insospechado: el capítulo de la mímica facial, la expresión de la cara. Y entonces entenderá por qué los perros se comunican tan bien con nosotros, los seres humanos que los hemos creado. Sus dioses.

Hueso coxal derecho, vista externa. *Gray's Anatomy*.

# ANDAR Y CORRER

*Apóyese de lado en la pared, bien recto y tocando con un hombro. Ahora levante el pie que está más separado de la pared. ¿Qué pasa? Que se cae de lado. ¿Por qué? Porque se desequilibra. Sepárese ahora de la pared y haga lo mismo. ¿Qué pasa? Nada. No se cae. ¿Por qué? Porque hay unos músculos que tiran de la cadera para que no se venza, y que no pueden actuar si está pegado de lado a la pared. Sin esos músculos estabilizadores laterales no podríamos andar. Son los músculos que realizan la abducción de la cadera y son solo tres. ¡Pero qué importantes! Sus nombres: m. glúteo medio, m. glúteo menor y m. tensor de la fascia lata.*

## La pelvis y el equilibrio

Hasta ahora nos hemos ocupado de los movimientos de flexión y extensión de la cadera, que junto con los de la rodilla y el pie son fundamentales en la marcha bípeda y se desarrollan alternadamente en una extremidad y en la otra. Son movimientos que podemos apreciar mirando desde un lado cómo anda una persona, porque todos son movimientos que se producen en el plano sagital. Los voy a describir a continuación, a cámara lenta como si dijéramos (figura *Los siete magníficos de la locomoción bípeda*).

Primero la extremidad adelantada entrará en contacto con el suelo por medio del talón, manteniendo la rodilla extendida. Luego se apoyará en todo el pie, con la rodilla algo flexionada para absorber el impacto, mientras el torso se mueve hacia delante para que todo el cuerpo quede vertical, con la rodilla y la cadera completamente extendidas. La extremidad va quedando por detrás de la cadera mientras se levanta el talón hasta que solo hacen contacto con el suelo los dedos. Finalmente el dedo gordo da el impulso necesario para que el pie se despegue, mientras que los otros dedos no impulsan pero evitan que el pie se deslice hacia atrás.

Se termina así la fase de apoyo del ciclo de la marcha y empieza la fase de balanceo, en la que la extremidad se desplaza por el aire como un péndulo. Para ello hace falta que se flexionen primero la cadera y la rodilla y que se levante la punta del pie (para que no se arrastre por el suelo). Esta fase oscilante termina cuando el talón vuelve a tocar el suelo, con la rodilla extendida.

Los músculos que han intervenido son ya de sobra conocidos por nosotros: los que mueven los dedos, los que flexionan el pie hacia arriba y hacia abajo, los de la pantorrilla, el cuádriceps femoral en la cara anterior del muslo, los isquiotibiales en la posterior y, si el suelo está inclinado hacia arriba, el glúteo mayor, que forma las nalgas.

Pero durante la fase aérea del ciclo el único apoyo del cuerpo lo da la extremidad del otro lado, que se encuentra en la fase apoyada. ¿Cómo es posible que el cuerpo no se colapse sobre el lado no soportado del cuerpo? Eso mismo se preguntaría un chimpancé que fuera ingeniero. Los chimpancés dan pasitos cortos que les suponen un gran esfuerzo y un enorme gasto de energía. ¿De qué modo se las arreglan los humanos para dar zancadas y encima recorrer largas distancias sin apenas cansarse, se preguntaría el chimpancé ingeniero? Y se contestaría que tiene que existir algún mecanismo estabilizador de la cadera que impida que el torso se hunda cuando se levanta un pie del suelo y viaja por el aire hasta que vuelve a tocar el piso con el talón.

Ese mecanismo estabilizador de la cadera en el plano frontal (es decir, mirando de frente al sujeto cuando este viene dando pasos hacia nosotros) evita su inclinación lateral y finalmente el colapso sobre el lado no soportado del cuerpo, y se llama abducción. Los músculos que realizan la estabilización frontal de la cadera (expresado así para resumir) se llaman músculos de la abducción, y son tres. Diré sus nombres enseguida.

## Cambio de punto fijo

Si en lugar de tomar el muslo como punto fijo, que es lo que acabamos de hacer en el párrafo anterior, tomamos la cadera, la abducción produce la separación de las rodillas, mientras que el movimiento contrario, que se llama aducción, consiste en juntar las rodillas. Un

ejercicio que se recomienda para desarrollar los músculos de la abducción de la cadera es el de tumbarse sobre un lado (por ejemplo, el izquierdo) y levantar en tijera la extremidad que no está tocando el suelo (la derecha en este caso).

El término «abducción» vale lo mismo para cuando desplazamos lateralmente el muslo con la cadera fija que para cuando estabilizamos frontalmente la cadera con el muslo fijo y la mantenemos en posición horizontal.

Es decir, se puede hablar de abducción del muslo con respecto a la cadera, o de abducción de la cadera con respecto al muslo. En realidad, en la locomoción humana la contracción de los músculos de la abducción de la cadera no llega hasta el punto de mantenerla horizontal, sino ligeramente caída hacia el lado que está en el aire. En cambio, cuando un chimpancé se pone de pie y da sus pasitos vacilantes, el lado levantado es el que queda en el aire.[1]

Me atrevería a pedirle que probara a andar como un chimpancé, con la cadera y las rodillas flexionadas y cargando todo el peso sobre el lado apoyado. Verá cómo se levanta la cadera por el lado contrario. Y verá también que es una manera de andar muy poco económica, porque entraña grandes desplazamientos del tronco. Por eso no la practican a menudo los chimpancés y prefieren ser cuadrúpedos. En cambio le parecerá que la nuestra es una marcha muy fluida y requiere poco esfuerzo. Y estará en lo cierto.

En los humanos los dos músculos del ala ilíaca situados por delante del glúteo mayor *trabajan* como abductores y se llaman m. **glúteo medio** y m. **glúteo menor**. Su inserción se produce en una estructura ósea que conocemos más que bien: el trocánter mayor. Este libro es casi una oda al trocánter mayor. La línea de acción, por lo tanto, es lateral. Si quiere tocar el glúteo medio, lo puede palpar entre la cresta ilíaca en su parte central (la más alta) y el trocánter mayor. Este es un músculo que no sobresale exteriormente como un bulto bien definido que puedan pintar o esculpir los artistas porque está tapado por una fascia o lámina fibrosa.

Aprovecho para decir que hay también una bursa trocantérica entre el trocánter mayor y los tendones de los músculos glúteos mediano y menor, que puede inflamarse y producir una dolorosa bursitis que nos impide dormir de lado.

El glúteo mayor recubre en gran parte al glúteo medio, que a su

vez recubre por completo al glúteo menor. Los glúteos se disponen, pues, en tres capas.

## Recuerdos de juventud

Hay dos músculos importantes que tienen su origen en la parte más anterior del ala ilíaca. Uno de ellos ya ha salido en estas páginas porque es el m. sartorio. El otro tiene un nombre raro pero es un músculo importante que también participa en la abducción de la cadera. Su nombre es m. **tensor de la fascia lata**.

Déjenme que les hable un poco más de este músculo, que me trae recuerdos de mi juventud.

El primer artículo que yo publiqué en una revista científica internacional se centraba precisamente en el tensor de la fascia lata. Algunos autores habían sostenido que el ala ilíaca no se orientaba en los australopitecos tan lateralmente como en nosotros, sino *algo* más hacia detrás, y que por ese motivo su locomoción bípeda sería distinta (en los chimpancés el ala ilíaca mira *completamente* hacia detrás cuando están de pie, es decir, se sitúa en el plano frontal en lugar de en el plano sagital).

Después de tomar las correspondientes medidas yo concluía en mi artículo de juventud que solo la región anterior del ala ilíaca del australopiteco era distinta de la nuestra, no *toda el ala ilíaca*, y que esa diferencia de orientación no tendría por qué afectar significativamente al funcionamiento de los glúteos y del mecanismo estabilizador de la cadera, sino solo a los dos músculos que se originan en la zona anterior.

Uno de ellos es el m. tensor de la fascia lata, músculo corto que los artistas no olvidan representar en sus obras. En el *Diadúmeno* de Policleto se puede ver, como en tantas otras esculturas clásicas. Y también en las personas, a poco que se fije uno. Hay mucha anatomía al alcance de la vista (y me estoy refiriendo al aparato locomotor) en las piscinas o en la playa, pero en este caso el músculo está cubierto por el bañador en los hombres.

Las fibras del tensor de la fascia lata, y también las más superficiales del glúteo mayor, se insertan por debajo de la cadera en la banda de tejido conectivo llamada tracto o cintilla iliotibial, que

también recibe el nombre de tendón largo de la fascia lata.

La cintilla iliotibial baja por el exterior del muslo (como la franja de un pantalón de uniforme) y va a parar al cóndilo tibial externo (o lateral) en su parte anterior, insertándose en un tubérculo. Al conjunto formado por el m. tensor de la fascia lata, las fibras superficiales del m. glúteo mayor y la cintilla iliotibial se lo llama en ocasiones deltoides glúteo. Lo menciono solo por si lo habían oído.

Lo que me gusta del tensor de la fascia lata es que tiene un nombre que asusta y sin embargo se puede ver y palpar fácilmente, no solamente en la parte alta y anterior de la cadera (allí está el vientre del músculo), sino también en el exterior de la rodilla, donde la cintilla iliotibial se convierte en un grueso tendón que no pasa desapercibido. Si está sentado extienda la rodilla y verá cómo lo puede agarrar sin ningún problema haciendo presa con los dedos. Es un tendón bien grueso. Pero no lo confunda con el tendón del m. bíceps femoral, que está por detrás y es uno de los músculos isquiotibiales.

Puede que le interese este músculo si es corredor de fondo o ciclista, ya que existe una tendinitis del m. tensor de la fascia lata llamada síndrome de la banda o cintilla iliotibial o «rodilla del corredor». Duele en la parte lateral de la rodilla e impide practicar el deporte. Se trata de una inflamación del tendón producida por su roce con el hueso.

Como el m. tensor de la fascia lata es un músculo abductor de la cadera o, si lo prefiere, separador del muslo, una buena forma de aliviar el dolor de la «rodilla del corredor» es hacer extensiones de este músculo. Las extensiones consisten en llevarle la contraria al músculo (estirarlo en lugar de contraerlo), por lo que habrá que aproximar el muslo al cuerpo. Un ejercicio recomendado es tumbarse boca arriba y llevarse la rodilla (flexionada) de una pierna hacia el hombro contralateral. El punto fijo es la cadera y lo que se mueve, el muslo.

El otro músculo que se origina en la región anterior del ala ilíaca es el m. sartorio, ya explicado, que va a parar justamente al otro lado de la tibia, el de dentro. La inserción, por cierto, tiene un nombre curioso, que hace alusión a su forma: pata de ganso o tensor anserino.

La acción principal del músculo tensor de la fascia lata es la de rotar el muslo hacia dentro (rotación medial), pero también participa mucho en la abducción de la cadera, por lo que lo podemos incluir de

lleno entre los abductores. El sartorio, en cambio, es rotador externo del muslo, pero también hace más cosas, como recordará el lector de cuando hablaba de la postura de la flor de loto. El sartorio, en suma, es un músculo que colabora con otros músculos, un músculo sinergista.

Yo me pregunto todavía hoy, tantos años después, en qué medida eran distintas las funciones del m. tensor de la fascia lata y del m. sartorio en los australopitecos, y si se notaría al andar, aunque de todos modos es probable que la orientación del ala ilíaca en los australopitecos tenga más que ver con la forma de la caja torácica que con los músculos citados. Como veremos en su momento, algunos piensan que el tórax de los australopitecos se parecía más al de los chimpancés que al nuestro; es decir, que tenía forma piramidal. En el *Homo erectus*, la EIAS ya se orienta como en la actualidad y la caja torácica seguramente tenía la misma forma que la nuestra: la de un tonel.

## El borde inferior de la cadera

La pelvis y los dos fémures tienen una relación *muy movida*, es decir, que la articulación esférica de la cabeza del fémur con el acetábulo del coxal permite mucha movilidad del fémur sobre la cadera y de la cadera sobre el fémur: abducción (o separación), aducción (o aproximación), flexión y extensión, rotación externa (giro hacia fuera) y rotación interna (giro hacia el plano medio del cuerpo).

Por ese motivo hay muchos músculos que repasar si se quiere tener una idea completa de los movimientos de la articulación de la cadera, aunque en este libro nos interesamos más por los músculos que se pueden apreciar externamente; o sea, los que están directamente bajo la piel, los subcutáneos, aquellos que el artista refleja en sus obras. La que cuento en este libro no es una anatomía artística, sino evolutiva, pero estamos intentando explorar con la vista y con el tacto todas las estructuras anatómicas de las que hablamos en el texto. «Tóquelo usted mismo» es el lema.

El coxal, la cadera, tiene dos bordes. El superior es la cresta ilíaca, que ya conocemos muy bien. El borde inferior es obvio cuando tenemos una pelvis a la vista, pero es más difícil de imaginar en

nuestro cuerpo. Vamos a ello de todos modos, porque es origen de músculos importantes.

En el acetábulo, que es el centro del coxal, se unen los tres huesos que lo forman: ilion por arriba, isquion por debajo y pubis por delante. Sabemos localizar sin problemas el pubis (delante y en el centro) y la tuberosidad isquiática (la parte inferior del isquion, sobre la que nos sentamos). Pues bien, el pubis y la tuberosidad isquiática están unidos por una barra ósea en la que participan los dos huesos, por lo que se llama rama isquiopúbica. Todo muy lógico. Esa rama isquiopúbica es la que forma el borde inferior de la cadera. Se puede recorrer con el dedo a todo lo largo de la ingle sin ningún problema. Hágalo ahora mismo si está solo.

Es muy importante que conozca esta región porque las dos ramas isquiopúbicas, una a cada lado, forman un ángulo que apunta hacia arriba, y es precisamente en ese ángulo donde está situada la vulva y por ahí nacen los niños. Hablaremos de eso en el próximo capítulo.

Ahora nos interesa saber que el coxal no es un hueso macizo, sino que entre el isquion, el pubis y la rama isquiopúbica queda un gran hueco llamado agujero obturador, que está tapado casi por completo por una lámina fibrosa que recibe el nombre de membrana obturadora u obturatriz. Alrededor del agujero obturador y en la membrana se originan una serie de músculos que realizan dos movimientos esenciales de la articulación de la cadera: la aducción o aproximación del muslo, y la rotación externa o giro del muslo hacia fuera.

Empezamos con los aductores. Cuando en el transporte público se le siente una persona al lado con las rodillas bien separadas (un hombre siempre), es decir, con la piernas abiertas o abducidas, invadiendo su espacio groseramente (lo que en inglés se llama *manspreading*), no lo consienta y dígale que aduzca sus piernas, que aproxime sus muslos, que junte las rodillas, que respete el espacio de los demás, que sea educado.

## Los músculos que juntan las piernas

Los cinco músculos aductores de la cadera están en la cara interna del muslo. He dejado a los aductores para tratarlos como parte de la cadera, en lugar de como parte del muslo, pero en realidad pertenecen

a cadera y muslo.

Estos músculos aductores son los que se rompen cuando abrimos demasiado las piernas y así se producen esos dolorosos *tirones* (roturas de fibras) en la ingle. Conviene por lo tanto hacer extensiones en el entrenamiento para que ganen elasticidad. ¿Cómo? Pues llevándoles la contraria, o sea, abduciendo los muslos, separándolos, abriendo las piernas. Hay muchos ejercicios de estiramiento para ello. Pero invadir el espacio de los demás en el transporte público no es uno de ellos.

Los nombres de tres de los músculos aductores no son nada difíciles de recordar: hay un m. **aductor mayor**, un m. **aductor mediano o largo,** y un m. **aductor menor o corto**.

A partir de ahora me gustaría que mirase la región interna de su muslo cuando está tumbado (en la playa por ejemplo, o en el gimnasio), con una pierna separada (abducida, técnicamente) y la rodilla doblada. Verá entonces fácilmente, sobre todo si es una persona flaca, el músculo sartorio y el músculo aductor largo. Entre medias queda una zona triangular deprimida, una fosa. Es el triángulo de Scarpa, del que ya había hablado a propósito del m. sartorio. Por él pasan, recuerde, la arteria femoral, la vena femoral y el nervio femoral. El fondo del triángulo de Scarpa lo forma el m. aductor corto.

## Los ligamentos de la rodilla

De los movimientos de la articulación de la cadera con la cabeza del fémur ya conocíamos los músculos responsables de la flexión y de la extensión, de la rotación interna, y acabamos de ver los de la aducción. ¿Qué músculos son entonces responsables de la rotación externa del muslo? ¿Dónde se originan y dónde se insertan?

Los músculos rotadores externos de la cadera van a parar al trocánter mayor del fémur, nuestro viejo conocido, y alrededores, y por eso se llaman músculos pelvitrocantéreos. No se aprecian desde fuera porque no son músculos subcutáneos sino profundos y están cubiertos por los músculos glúteos.

Sin embargo, sí advertirá usted que puede girar las puntas de los pies hacia fuera, un movimiento que se conoce como abducción del pie, y que Charlot exageraba al andar. Si esa acción la realiza estando de pie, con la articulación de la rodilla extendida, han tenido que

intervenir los rotadores externos de la cadera. Puede ver que gira el muslo, y con él, solidariamente, la pierna, pero la rodilla no gira.

Si ha realizado el giro sentado, son otros los músculos que intervienen, principalmente el m. bíceps femoral, que es uno de los tres músculos isquiotibiales, concretamente aquel cuyo tendón podemos tocar por detrás de la rodilla en el lado externo.

Puede ver que cuando la rodilla está flexionada gira la pierna, y no el muslo. Fíjese en la tuberosidad anterior de la tibia, tóquela, mire cómo se dirige hacia fuera. Es la articulación de la rodilla la que rota, no la de la cadera.

La razón de todo esto es que cuando está extendida la rodilla los ligamentos laterales, que van del fémur a la tibia y del fémur al peroné, uno por cada lado, están tensos, y no permiten que la rodilla rote hacia fuera. Al flexionar la rodilla los ligamentos laterales se relajan y es posible el giro.

En el interior de la articulación de la rodilla se encuentran los ligamentos cruzados, que también van del fémur a la tibia y, junto con los ligamentos laterales, estabilizan la articulación. Como su mismo nombre indica, se cruzan en una X. Hay un ligamento cruzado anterior (por delante) y otro posterior (por detrás). Los ligamentos cruzados de la rodilla no permiten la rotación interna de la rodilla cuando la tenemos extendida. La rodilla no puede girar hacia dentro cuando estamos de pie porque, como dice A. I. Kapandji,[2]los ligamentos cruzados de, pongamos, la rodilla derecha, *se enrollan* en el sentido contrario de las agujas del reloj. Por lo tanto, una rotación interna de la rodilla, o sea, una rotación también en el sentido contrario de las agujas del reloj, tensaría más los ligamentos cruzados de la rodilla derecha y podrían distenderse o llegar a romperse, algo que les puede pasar a los futbolistas si tienen los clavos de la bota hincados en el césped y la tibia no puede girar cuando lo hace el fémur. Puede que le suene todo esto si le gusta el fútbol.

Así pues, la rodilla extendida está estabilizada por los ligamentos laterales y por los cruzados, de manera que no puede rotar hacia dentro ni hacia fuera. Si lo hace violentamente, en el deporte, por ejemplo, se producen distensiones o roturas de los ligamentos implicados en la estabilidad rotatoria de la rodilla. Clavar los tacos y girar la rodilla es muy mala cosa.

Es importante que realice todos los movimientos a los que me

refiero en el texto para entender la anatomía. Este es el espíritu del libro. No hay ilustraciones al estilo de los libros de medicina porque en esta ocasión su cuerpo es el libro. Y lo que yo me he propuesto es que aprenda usted a leerlo.

Si ahora, o en otro momento, quiere saber más de los músculos aductores y rotadores externos, doy en el «Apéndice 4» unos datos. Vuelve a aparecer la curiosa pata de ganso, un tendón cuya inflamación da problemas a los deportistas.

## ¡Lo conocía todo el mundo!

Tampoco se ve desde el exterior (dado que corre por dentro del abdomen) un músculo importante en la flexión del muslo sobre la cadera durante la marcha, cuando el pie se despega del suelo y empieza a viajar por el aire. No pensaba decirle el nombre de este músculo en el texto principal, sino solo en un anexo, porque no quería abrumarlo con tecnicismos. Pero resulta que fui a una clase de pilates y lo conocía todo el mundo: músculo **psoas ilíaco** o m. **iliopsoas**. Así que algo tendré que decir. En realidad no se trata de un solo músculo, sino de dos que se unen para insertarse en el fémur (el tendón conjunto se adhiere al trocánter menor). El m. psoas se origina en la última vertebra dorsal y las cinco vértebras lumbares, y el m. ilíaco en la concavidad interna del ala ilíaca (la llamada fosa ilíaca).

En esa clase de pilates hicimos un ejercicio que tengo que reconocer que me costaba un poco. Estando tumbado con la espalda pegada al suelo, se trataba de levantar las piernas rectas, con la rodilla extendida. Lo mismo me pasaba en el colegio con las espalderas cuando había que poner las piernas horizontales. El problema es que el centro de gravedad de las piernas está muy lejos de la articulación de la cadera, de modo que las piernas tienden a rotar sobre la articulación de la cadera y caer por la fuerza de la gravedad. Supongo que ya se ha dado cuenta si ha hecho el ejercicio. Ya lo dijo Aristóteles, las piernas tienen mucha más carne en nuestra especie que en los cuadrúpedos. Representan el 30 % del peso del cuerpo en el ser humano, comparado con el 13 % de los chimpancés. Hay por lo tanto que oponer mucha fuerza muscular a esa diabólica fuerza que generan las piernas. El músculo que interviene en la flexión de las piernas

sobre el tronco es precisamente el m. psoas ilíaco, actuando junto con uno de los músculos del m. cuádriceps femoral que también conocemos (el m. recto anterior).

## El inquieto centro de masas

No hay mejor manera de desplazarse que sobre unas ruedas, porque cuando giran no suben ni bajan, sino que avanzan en línea recta. Aunque sería mejor decir que es su punto central lo que sigue una línea recta mientras la rueda da vueltas sobre su eje. Se requiere poco esfuerzo para empujar en punto muerto un automóvil, que pesa una enormidad, si el suelo es horizontal y liso, como seguramente habremos comprobado todos cuando se nos ha parado el coche, y eso tiene que ver con la trayectoria recta del centro de la rueda.

En cambio, si montamos a caballo notamos ya en el primer tranco que la silla sube y baja cuando nos ponemos al trote, y más vale que acompasemos esa oscilación vertical levantándonos sobre los estribos cuando la silla sube, y bajando el tronco cuando la silla baja. Es decir, siguiendo a la silla en sus desplazamientos, moviéndonos en fase. Hay quien no es capaz de pillarle el truco al trote inglés y va dando todo el tiempo con el *hueso de sentarse* —la tuberosidad isquiática— en la silla, a contrafase: ¡cuando la silla sube el trasero baja! En cambio, al galope podemos permanecer sentados sin que la silla y las posaderas choquen porque el caballo se levanta menos.

Cada cuerpo tiene un centro de masas, en el que teóricamente se concentra toda la masa del cuerpo. Aunque esto solo ocurre en el mundo ideal de la física, sirve para estudiar y predecir el movimiento de los cuerpos, de todos los cuerpos, incluyendo los planetas y las estrellas. Pues bien, cuanto más recta sea la trayectoria que describe ese centro de masas al desplazarse, menor será el gasto en energía que hará falta para mover el cuerpo. Nuestro centro de masas está situado entre el pubis y el ombligo. Pero hay que imaginarlo dentro del cuerpo, entre la pared del abdomen y la segunda vértebra del sacro: más o menos a la altura de la hebilla del cinturón (que, piénselo un momento, siempre está más alto que el pubis y más bajo que el ombligo, por más que su posición cambie con las modas).

Cuando los seres humanos andamos, el centro de masas sube y

baja. Ese desplazamiento vertical se refleja en el ascenso y descenso de la cabeza que podemos observar mirando desde un costado cómo camina otra persona. Nosotros mismos notamos al andar como un punto situado al frente —si fijamos la vista en él— sube y baja.

En cambio, si miramos a un sujeto que viene andando hacia nosotros, lo que notaremos es que la cabeza se inclina a un lado y otro, porque también lo hace el centro de masas. Pero la oscilación no es muy grande en ninguno de los dos casos, ya que hay que poner mucha atención para darse cuenta.

Así pues, la trayectoria del centro de masas al subir y bajar forma en un plano vertical una sinusoide, es decir, una línea regular y levemente ondulada, o, dicho de otro modo, una curva que describe una oscilación repetida y suave. Lo mismo hace en un plano horizontal el centro de masas al moverse de lado a lado.

Combinando los dos desplazamientos, el vertical y el horizontal, el centro de masas sigue una espiral bastante rectilínea en su trayectoria. Proyectado sobre el plano frontal del cuerpo, el centro de masas dibuja en cada ciclo de locomoción un ocho pequeño, que se puede enmarcar en un cuadrado de tan solo cinco centímetros de lado. Un ciclo completo de locomoción va desde que ponemos el talón de un pie en el suelo hasta que volvemos a posarlo (figura *Los siete magníficos de la locomoción bípeda*).

No está nada mal haber conseguido que se mueva tan poco el centro de masas, pese a que los seres humanos no tenemos ruedas, sino piernas.

## Péndulos para andar

Otra forma de investigar la locomoción humana es compararla con un péndulo invertido. En este péndulo al revés el centro de masas del cuerpo sería la bola y la pierna sería la cuerda. Como en todo péndulo, la bola (el centro de masas en nuestro caso) describe un arco, solo que en el péndulo al revés el arco es convexo hacia arriba, mientras que en un péndulo normal la bola describe un arco que es convexo hacia abajo. Merece la pena recordar aquí que los simios, cuando se desplazan colgados de las ramas con los brazos estirados (practicando la modalidad de locomoción suspendida que llamamos braquiación),

siguen un movimiento de péndulo normal, sin invertir, porque el cuerpo cuelga como la bola del péndulo, y los brazos completamente estirados actúan como la cuerda. Este péndulo normal describe un arco convexo hacia abajo. También tiene un movimiento pendular normal la pierna cuando viaja por el aire durante la fase aérea o de balanceo de la marcha humana, que se alterna con la fase apoyada, que es la que funciona como un péndulo invertido.

Si no existiera el rozamiento, en un mundo físico ideal, un péndulo normal no pararía nunca, sino que estaría siempre oscilando, y ahora veremos por qué. Cuando tenemos sujeta la bola, antes de dejarla caer, posee una forma de energía mecánica que es la energía potencial gravitatoria. Cuando soltamos la bola, la energía potencial gravitatoria se transforma entonces en otra forma de energía mecánica, que es la energía cinética; es decir, la energía potencial gravitatoria se transforma en movimiento.

La energía cinética puede mover la turbina de un generador y así producir energía eléctrica y eso es lo que hacen las centrales hidroeléctricas. El agua embalsada posee energía potencial gravitatoria, que al caer se transforma en energía cinética que finalmente llegará a nuestras casas en forma de fluido eléctrico.

Volviendo a nuestro péndulo normal, conforme cae la bola se va acelerando el movimiento, que es máximo en el punto más bajo del arco. A partir de entonces empieza a perder velocidad (*cuesta arriba*) hasta que su energía cinética llega a un mínimo. Pero, ¡ah!, entonces la energía cinética se ha transformado en energía potencial gravitatoria. La bola volverá a caer, ahora hacia el lado contrario, y la energía potencial gravitatoria se transformará de nuevo en energía cinética. Y así indefinidamente...

¿Qué sucede con el péndulo invertido del cuerpo humano durante la marcha? Cuando nos levantamos sobre una pierna el centro de gravedad sube, ganando energía potencial gravitatoria. En el ciclo de la marcha el punto más alto se alcanza cuando la pierna de apoyo está casi del todo rígida y vertical. Desde que el talón del pie de avance entró en contacto con el suelo se ha gastado mucha energía cinética para llegar a ese momento de máxima energía potencial gravitatoria, pero ahora el cuerpo se inclina hacia delante y el centro de masas cae, transformándose la energía potencial gravitatoria en energía cinética.

Otra manera de entender el péndulo invertido de la locomoción bípeda es fijándonos en la llamada fuerza de reacción del suelo, que ya conocemos. Cuando el talón de la pierna adelantada choca contra el suelo ejerce sobre él una fuerza que depende del peso del individuo y de la velocidad con la que se mueve. Se puede decir también que el suelo ejerce una fuerza sobre el sujeto de igual magnitud y dirección, pero de sentido contrario (figura *Los siete magníficos de la locomoción bípeda*).

El vector de esa fuerza (que se representa como una flecha) se puede comparar con la cuerda del péndulo invertido. En el primer momento, cuando se apoya el talón del pie adelantado, la fuerza de reacción del suelo se dirige hacia atrás. Luego, la dirección de la fuerza de reacción del suelo se va haciendo vertical conforme la planta del pie se asienta en el suelo. Más adelante, la fuerza de reacción del suelo se dirige decididamente hacia delante al empezar el talón a levantarse. Por último, ya saben, se produce el impulso final con el dedo gordo, con lo que empieza la fase aérea (no apoyada) del ciclo, durante la cual la pierna se balancea como un péndulo normal.

En ese momento el péndulo invertido pasa a la otra pierna, cuyo talón acaba de entrar en contacto con el suelo. Andar es por lo tanto encadenar dos péndulos: uno invertido durante la fase apoyada, que tiene como centro de rotación la articulación del tobillo, y otro normal en la fase de balanceo, cuyo centro de rotación es la articulación de la cadera.

Para entender bien todos estos movimientos lo mejor es andar conscientemente, es decir, fijándonos. Como normalmente lo hacemos inconscientemente, sin pensar, no nos damos cuenta de nada.

Con el fin de valorar la eficacia biomecánica de un animal al desplazarse podemos medir qué parte de la energía se recupera y qué parte se pierde en ese trasvase de energía: de potencial gravitatoria a cinética. Se ha comprobado que la recuperación de la energía es sorprendentemente alta en nuestra especie, del orden del 60 %, una cifra que está por encima de la de los monos y los simios cuando andan a cuatro patas por el suelo, y no es menor que la de los mamíferos cursores o cursoriales, como se dice en biología para referirse a los especialistas en la carrera. Es decir, está muy bien en términos de conservación de la energía nuestra forma de caminar.

He dicho que la locomoción bípeda de los seres humanos no tiene

nada que envidiar a la de los mamíferos cursoriales a la hora de andar, pero sería todavía más eficiente si el centro de masas no subiera y bajara en absoluto, es decir, si siguiera una trayectoria tan recta como una rueda. ¿Por qué?

La respuesta es que cuanto más pronunciada sea la curva del centro de masas, es decir, cuanto más alto suba y más bajo caiga, más brusco será el paso de un arco al siguiente, y eso es nefasto para la conservación de la energía. En pocas palabras, cambios abruptos en la dirección del movimiento requieren grandes gastos de energía.

Hasta ahora hemos comparado la marcha humana con un péndulo invertido, cuya cuerda hacemos equivalente a la pierna estirada. Esa sería una analogía exacta si la pierna no se doblara, si fuera rígida como un zanco o una muleta. Podemos probar a andar así, bloqueando la rodilla y apoyando solo los talones. En ese caso el arco del péndulo invertido es más curvado y por lo tanto el desplazamiento del centro de masas es más evidente que en la marcha normal.

Siguiendo con las metáforas podemos comparar esa forma de andar tan poco natural a los movimientos que realiza un compás de delineante cuando lo hacemos «caminar» sobre el papel usando alternativamente una y otra «pierna». Es una forma de moverse rígida, ortopédica, y poco eficiente. No hay ningún mamífero que lo haga.

En un estudio clásico donde los haya, M. Saunders, Verne T. Inman y Howard D. Eberhart[3]explicaron en 1953 cómo el cuerpo humano consigue que el centro de masas dibuje en sus desplazamientos vertical y lateral líneas suavemente onduladas, con el mínimo desplazamiento hacia arriba y hacia abajo, a la derecha y a la izquierda. La solución del problema está en que las piernas no son barras rígidas, sino que están formadas por tres segmentos articulados, el muslo, la pierna y el pie, que permiten muchos movimientos.

Al dar pasos, para empezar, la cadera rota hacia un lado y otro, y también se inclina hacia el lado contrario al que soporta el peso, mientras que la rodilla apoyada se flexiona. De esta manera, la línea que recorre el centro de masas al andar se va aproximando a una recta. Los movimientos del pie, en los que no vamos a entrar, también contribuyen a este resultado. Finalmente, si las extremidades fueran completamente verticales, con el fémur en línea con la tibia, los desplazamientos laterales del centro de masas (en el plano horizontal)

serían mucho mayores. Eso es lo que pasa cuando andamos con zancos o cuando *anda* un compás de delineante por el papel. Pero, como ya sabemos, el fémur baja desde la articulación con la cadera hasta la rodilla en diagonal, formando el ángulo bicondíleo. En definitiva, nuestras piernas no son zancos.

## Y MUELLES PARA CORRER

Otra cosa muy diferente es correr, y aquí intervienen los muelles, porque el aparato locomotor, esa máquina que imaginaban los científicos del Barroco, también los tiene. Cuando la pata de un animal impacta con el suelo, con fuerza, se acumula en los tendones y ligamentos otro tipo de energía mecánica, llamada energía potencial elástica, que después se recupera en forma de las energías cinética y potencial gravitatoria que ya conocemos. Es, mecánicamente hablando, como tener muelles en los pies (¡qué maravilla!), y el ejemplo que se pone es el del niño que juega con un saltador de muelle (o saltador *pogo*). Pero no solo generamos energía potencial elástica cuando comprimimos un muelle, sino también cuando tensamos la cuerda de un arco. En el momento en el que dejamos de aplicar la fuerza necesaria para comprimir el muelle o para tensar la cuerda la energía potencial elástica se transforma en energía cinética y la flecha sale despedida o el muelle se extiende.

Imagínese a usted mismo dando saltos de rana, uno detrás de otro. ¿No ve ahora el *muelle*? Es agotador, desde luego, porque no somos en absoluto batracios. No es lo nuestro desplazarnos dando saltos, aunque de los jugadores de fútbol o de baloncesto que saltan muy alto se dice que tienen «mucho muelle». Aprovecho para decir que se puede aprender sobre la locomoción viendo (y mejor practicando en el gimnasio) esos ejercicios tan esforzados que llaman «andar como los animales» o *animal flow*, como se conoce ahora. Están muy de moda y cuestan mucho trabajo porque no estamos hechos como las ranas, los cangrejos o los osos, lógicamente.

A la hora de correr, los humanos no podemos compararnos con los mamíferos cursoriales en cuanto a la capacidad de almacenar energía potencial elástica en nuestros tendones, y por eso ni de lejos podemos competir con ellos en eficiencia, mientras que sí lo hacemos

a la hora de andar. Otro bípedo, el canguro, es en cambio un prodigio en almacenar energía potencial elástica en sus extremidades inferiores. Ellos tienen de verdad muelles.

Vemos, entonces, que en la locomoción humana hay que distinguir entre caminar y correr, y que son cosas muy diferentes. En el primer caso el cuerpo funciona como un péndulo invertido porque la pierna de apoyo se pone casi del todo rígida. Pero en la carrera el cuerpo funciona como un sistema masa-resorte, expresado en términos físicos. Eso quiere decir que, al correr, la pierna se flexiona en la fase apoyada, y el centro de masas se encuentra en su posición más baja. No en la posición más alta, como sucede al andar.

Pero en la carrera el impacto que se produce cuando el pie toca el suelo es lógicamente mayor, porque al peso de todo el cuerpo se une la velocidad. Si se cae sobre el talón, el componente vertical de la fuerza de reacción del cuerpo puede ser de tres o cuatro veces el peso del corredor. Multiplique su propio peso por ese factor y entenderá la potencia del choque. Y eso sucede en cada zancada. Ahora multiplique esa cantidad por el número de zancadas por minuto que usted da cuando corre. El número depende de la longitud de la zancada y por lo tanto del entrenamiento, pero en todo caso son muchos impactos por hora.

Por ese motivo las zapatillas de correr tienen el talón grueso y elástico, preparado para absorber el impacto. Aunque, como ya se ha dicho en otro capítulo, mejor que *talonear* es caer sobre la parte media del pie, es decir, apoyando a la vez los dos pilares de la bóveda plantar, el calcáneo y las cabezas de los metatarsianos (que son «la bola del pie» o «las almohadillas»). De este modo la bóveda plantar puede actuar como un amortiguador, absorbiendo la fuerza del impacto y devolviéndola luego en forma de impulso.

De todos modos, el golpe del pie contra el suelo genera una onda de choque que asciende hasta llegar a la cabeza y eso hace que el esqueleto humano se haya modificado en consecuencia. Cuando se compara con otras especies de primates se aprecia que nuestro calcáneo ha aumentado su sección, las articulaciones de la rodilla (los cóndilos de la tibia y los del fémur) se han expandido, la diáfisis (el cuerpo) del fémur se ha ensanchado transversalmente, el cuello del fémur se ha acortado, la cavidad pélvica se ha estrechado, la cabeza del fémur y el acetábulo se han hecho más grandes, también se ha

expandido la articulación de las caderas (los coxales) con el sacro, y las vértebras lumbares tienen unos cuerpos que llaman la atención por su tamaño. En cambio, no se observan modificaciones parecidas en las extremidades superiores que tengan que ver con la carrera, como es lógico.

En la carrera de fondo, el tronco se inclina hacia delante más que cuando andamos normalmente, algo que puede observar cualquiera y que ya se ha comentado. Hay por lo tanto más necesidad de que actúen los músculos estabilizadores del tronco, para evitar que se doble hacia delante de golpe como una navaja, sobre todo cuando el pie impacta contra el suelo en la carrera. Uno de ellos es el m. glúteo mayor, del que he hablado mucho. Pero también están los músculos erectores de la columna, que trataremos en su momento. Todos estos músculos se asientan en el sacro y en la parte posterior del ala ilíaca, que consecuentemente han ampliado su superficie.

Por supuesto, todas estas adaptaciones también están relacionadas con la marcha bípeda. Aunque no corramos, también el calcáneo golpea el suelo en cada paso cuando andamos. Pero cuando se ajustan al peso del cuerpo, los australopitecos no tienen las adaptaciones tan marcadas como nosotros. Por eso se piensa que las adaptaciones a la carrera empezaron tal vez con el *Homo habilis* (se tiene poca información de su esqueleto poscraneal), pero se manifestaron plenamente en el *Homo erectus*. Los australopitecos, según Dennis M. Bramble y Daniel E. Lieberman, no eran buenos corredores.[4]Yo tampoco lo creo.

Otra indicación interesante para las reconstrucciones de los paleoartistas: los australopitecos no eran avestruces, los otros bípedos de la sabana.

## Maratonianos

En principio nuestra historia evolutiva no parece la más adecuada para convertirnos en especialistas en la carrera de velocidad, ya que somos primates y descendemos, nunca mejor dicho, de antepasados que vivían en los árboles. El primate que más corre en la tierra es un mono africano (el mono patas: *Erythrocebus patas*) y por supuesto es cuadrúpedo. Aunque tiene adaptaciones a la carrera, que le permiten

alcanzar los 55 kilómetros por hora, no puede competir con los verdaderos velocistas del mundo animal.

A pesar de todos los cambios en el cuerpo, que alcanzan en el *Homo sapiens* el máximo de estrechez corporal, aligeramiento del esqueleto y alargamiento de las piernas, no somos ni de lejos dueños de una biomecánica que se pueda comparar con la de los antílopes, los campeones en la carrera.

Y sin embargo los cazadores ¡xo y /gwi del Kalahari, en Botsuana (comúnmente llamados bosquimanos), son capaces de cazarlos a la carrera.[5] ¿De qué manera? Agotándolos. Es decir, persiguiéndolos en las horas centrales del día, a temperaturas de 40°, durante tres horas o incluso más, a velocidades que pueden llegar a los diez kilómetros por hora. Los cazadores bosquimanos beben toda el agua que pueden antes de empezar la caza y luego seleccionan al individuo concreto que ven más asequible (ellos sabrán por qué) y siguen sus huellas.

Somos la única especie, hasta donde yo conozco, que es capaz de relacionar las pisadas con el animal que las produce, y sospecho que para ello se requieren capacidades cognitivas superiores, ya que se trata de asociar la causa con el efecto. La causa es el animal y el efecto, la impresión de su pie en el suelo o la hierba aplastada a su paso, o la rama quebrada. Los carnívoros siguen a sus presas por el rastro oloroso, pero es que el olor es una parte del individuo, un atributo: los animales huelen, y cada uno de forma distinta. En cambio, la huella del pie o la hierba tumbada o la rama desplazada por el cuerpo son signos de actividad, y me parece que solo está al alcance de un ser humano comprenderlo, aunque no sé desde cuándo, en nuestra evolución, podemos hacerlo. ¿Seguían los neandertales a sus presas mirando las huellas? Nunca he visto representada una escena así: un grupo de neandertales en cuclillas examinando unos rastros, mirando al frente y señalando la dirección por la que ha huido la presa. El hecho mismo de señalar apuntando con el dedo para hacer que los demás miren a donde tú apuntas (y no al dedo) es un comportamiento exclusivamente humano que no sabemos cuándo apareció, pero que yo me atrevo a atribuir a los neandertales.

Además se trata de seguir siempre al mismo animal hasta que colapse, a pesar de que puede volver sobre sus pasos o cruzarse con un grupo de animales de su misma especie y de este modo confundir sus huellas si no se sabe cómo distinguirlas.

La especie humana destaca por lo tanto en la carrera de resistencia (especialmente a temperaturas altas). ¿Será que nuestra biomecánica de la carrera es excepcionalmente buena? En absoluto. Se llama «coste de transporte» a la cantidad de oxígeno consumida por unidad de peso y unidad de distancia (por ejemplo, kilo y kilómetro), es decir, el gasto energético de la marcha. Cuando andamos no estamos mal los humanos en cuanto a gasto energético, y nos podemos comparar a un cuadrúpedo de nuestro tamaño si va al paso. Sin embargo, cuando corremos gastamos el doble de energía que un cuadrúpedo equivalente en peso. Correr, por lo tanto, no es propio de un bípedo, y sin embargo millones de aficionados de todas las edades disputan cada año un maratón de 43 kilómetros, compitiendo consigo mismos. Teniendo en cuenta que somos primates, es decir, que venimos del árbol, no está mal lo que hemos conseguido gracias a la evolución, pero es difícil entender que podamos agotar a un antílope hasta que colapse y literalmente se entregue.

Una explicación que parece muy convincente es que nuestro sistema de refrigeración corporal por medio del sudor es muy superior al de los animales que pierden calor jadeando, es decir, evaporando el agua por la lengua y por las superficies de la mucosa nasal, de la cavidad oral y de la faringe. Los primates superiores (los antropoideos) no jadeamos para perder calor, pero tampoco hace falta en la selva. La sudoración humana es un mecanismo muy eficiente de control de la temperatura corporal que está relacionado con la cantidad de glándulas sudoríparas de la piel humana y también con la pérdida del pelo del cuerpo, que favorece la evaporación del sudor. Otros animales que sudan por la piel son los caballos y los camellos, pero no son tan eficientes refrigerándose.

Para explicar que podamos cazar ungulados a la carrera también se ha argüido que en nuestra especie no están sincronizadas la respiración con el ciclo locomotor, como por el contrario pasa en los animales corredores, en los que la ventilación pulmonar y la cadencia del paso están acopladas cuando galopan (es decir, respiran una vez por cada zancada).[6]

Por eso podemos cambiar de ritmo con gran facilidad, mientras que en los cuadrúpedos parece haber una velocidad óptima en lo que se refiere al gasto energético. Además, si galopan no pueden jadear, que es un tipo de respiración muy rápida, y no se refrigeran.

Por sorprendente que parezca, el gasto metabólico en la carrera humana no depende de la velocidad, es decir, no existe una velocidad óptima en la que el gasto sea mínimo. O dicho de otro modo, quemamos el mismo número de calorías por kilogramo de peso corporal y kilómetro corrido independientemente del tiempo que tardemos en hacerlo. Ya he mencionado esta particularidad de la especie humana al principio del libro, y seguro que le llamó la atención entonces.

Cuando andamos, por el contrario, sí que existe una velocidad óptima, que está entre cuatro y seis kilómetros por hora. A velocidades superiores o inferiores gastamos más energía en recorrer la misma distancia, como les pasa a los animales. Pero a ellos les ocurre eso tanto cuando andan como cuando corren, mientras que a nosotros solo nos pasa cuando andamos.

Cuando un grupo de cazadores ¡xo o /gwi del Kalahari se acerca a una presa, esta sale huyendo a toda velocidad como si la persiguiera un león, pero se cansa pronto y se para a descansar y jadear a la sombra de un árbol. Su termorregulación es peor que la de los perseguidores humanos y necesitan más la sombra.

Los cazadores llegan corriendo al cabo de un rato y el antílope, pongamos por caso, vuelve a salir disparado para pararse en otra sombra un poco más adelante, cuando ya ha dejado muy atrás a sus enemigos. Pero los cazadores lo alcanzan y lo obligan a correr de nuevo despavorido. Al antílope no le da tiempo a descansar y refrigerarse en las paradas y acaba agotándose, porque no está adaptado a esos cambios de ritmo. Tiene una velocidad óptima y eso lo obliga a huir muy deprisa y luego pararse a descansar y enfriar su cuerpo si hace calor.

Los cazadores del Kalahari no son el único pueblo al que se le conoce este tipo de caza *a la mano*, agotando a las presas a base de resistencia en la carrera a pleno sol en las horas centrales del día. Lo hacían, según las crónicas, los indios paiutes y navajos nada menos que con los berrendos, que se cuentan entre los animales más rápidos de todos los terrestres. Los australianos perseguían del mismo modo a los canguros. Y hay muchos más ejemplos de cazadores que rendían a sus presas gracias a su resistencia en la carrera. Sin ir más lejos, nuestro mítico atleta Mariano Haro cazaba perdices por agotamiento en las llanuras castellanas.

Cada vez que veo un maratón, con los corredores pasando calor y sudando la gota gorda, pienso en lo bien que nos ha diseñado la evolución para la carrera de resistencia y me pregunto detrás de quién corríamos en la prehistoria. No me pregunto delante de quién porque estoy seguro de que nunca hemos podido escapar de los leones por velocidad.

¿O tal vez de quien huíamos era de otros miembros de nuestra misma especie?

Ligamentos anteriores de la rodilla derecha. *Gray's Anatomy*.

# ¿POR QUÉ CUESTA TANTO DAR A LUZ?

*El cóccix (la rabadilla), las tuberosidades isquiáticas («los huesos de sentarse») y el pubis forman un rombo, que es la salida de la pelvis. Los bípedos necesitamos un suelo pélvico para soportar las vísceras. Los cuadrúpedos no tienen ese problema porque las vísceras descansan directamente sobre la pared abdominal. El rombo de la salida de la pelvis no está en un mismo plano porque en la posición anatómica las dos tuberosidades descienden por debajo del cóccix y del pubis. Debe tocarse ahora mismo los cuatro puntos. Este rombo que forma la salida de la pelvis puede descomponerse en dos triángulos: el triángulo urogenital, delante, y el triángulo anal, detrás. La salida de la vagina está en el triángulo urogenital, y por ahí nacen los niños. Fácil de recordar y, sobre todo, de palpar. Dar a luz es más difícil.*

## El dilema obstétrico

En el mecanismo abductor de la cadera, que la estabiliza cuando damos pasos, el brazo de la resistencia está relacionado directamente con la anchura del canal del parto. Por lo tanto, biomecánicamente interesa que el canal del parto sea muy estrecho. Desgraciadamente, eso no es compatible con un feto que tiene la cabeza muy grande. La otra forma de mejorar la biomecánica de los músculos abductores sería aumentar la longitud del cuello del fémur, que es el brazo de la potencia: es decir, separar el trocánter mayor de la articulación de la cadera, pero eso también tiene consecuencias. El cuello del fémur podría partirse.

Los músculos abductores, al contraerse, comprimen la cabeza del fémur contra el acetábulo, y si la presión resultara excesiva los cartílagos podrían sufrir demasiado desgaste. El tamaño de la cabeza del fémur tiene que ver con esa presión porque la única forma de controlarla es aumentando la superficie de la articulación. A mayor

superficie, menor presión soportan los cartílagos. En los australopitecos la cabeza del fémur y el diámetro del acetábulo son pequeños, incluso en proporción a su tamaño del cuerpo, lo que quiere decir que los abductores no producían mucha compresión. El cuello del fémur era largo, proporcionando un buen brazo de potencia a los abductores, y quizás debido a esa ventaja biomecánica no necesitaran ejercer mucha fuerza muscular. En los neandertales y en los humanos modernos la cabeza del fémur en cambio es grande y el cuello, corto.

Nos encontramos por lo tanto ante dos presiones de selección contrarias, dos fuerzas que impulsan la evolución en direcciones opuestas. O dicho metafóricamente, dos vientos contrarios hinchan la vela del mismo barco. Se impone una solución de compromiso: obtener la mayor ventaja biomecánica posible para los músculos abductores sin que se rompa el cuello del fémur y un feto que no tenga un cráneo demasiado grande.

Es lo que, desde que fuera enunciado por nuestro ya conocido Sherwood Washburn en 1960, se conoce como el «dilema obstétrico», que habría llegado al punto de máxima tensión en el *Homo sapiens*. Según este autor, la fabricación de un utillaje de piedra cada vez más refinado exigía un cerebro adulto progresivamente más grande, pero que tenía que seguir pasando por la cavidad pélvica en el momento del nacimiento. En realidad, cualquiera de las dos presiones de selección llevaría al dilema: un cerebro que crece y una cavidad pélvica que se reduce, y las dos presiones juntas harían que el conflicto llegara antes.

El dilema obstétrico no deja de ser una teoría que explica por qué duelen los partos y por qué los niños vienen al mundo tan retrasados, sin haber completado su desarrollo, como si fueran expulsados del útero antes de que sea demasiado tarde y ya no puedan nacer. Es una idea de esas que le dejan a uno convencido de que la ciencia ha resuelto un grave problema que se remonta al Génesis y a la famosa maldición que Dios le dirige a Eva: «Parirás con dolor» (y a renglón seguido la serpiente recibe su maldición, que tiene que ver con el calcáneo, como ya vimos). Una teoría, en suma, demasiado buena como para que alguien no la desafiara.

## La hipótesis metabólica

El reto ha venido en forma de teoría alternativa, la hipótesis metabólica.[1]Lo que dice este modelo es que el gasto metabólico del embarazo en una especie de mamífero tiene un límite, llegado el cual el feto tiene que ser expulsado del útero y pasar de una alimentación a través de la placenta a la alimentación por medio de la leche materna. Dicho más precisamente, es el gasto metabólico que soporta la madre lo que determina el momento del parto, y no las dimensiones de la cavidad pélvica.

En muchos monos con cola hay conflicto entre la pelvis materna y el feto, porque los primates superiores son unos mamíferos muy encefalizados, es decir, con cerebros grandes para el tamaño de sus cuerpos, de sus caderas y de sus canales del parto.

Sin embargo, los grandes simios son unos primates muy grandes en los que el tamaño del cerebro ha crecido menos (a lo largo de la evolución) que el tamaño del cuerpo (y de las caderas), por lo que en ellos no hay conflicto entre la pelvis materna y el feto a la hora del parto. Lo vuelvo a explicar aunque puede que ya le suene esta situación en la que una parte del cuerpo crece más despacio que el cuerpo: lo dije a propósito de los testículos.

Lo que quiero decir es que en los simios el cerebro ha experimentado lo que se conoce en biología como una «alometría negativa»: aumenta más despacio el cerebro que el cuerpo. Por eso, cuanto más grande sea el cuerpo, más pequeña será (pero solo en proporción) la cabeza. Así se llega a la paradoja de que, teniendo mucho más cerebro que los monos con cola, el parto en los grandes simios es mucho más holgado.

En otras palabras, en los grandes simios no hay dilema obstétrico. El feto podría seguir creciendo en el útero mucho más tiempo sin que la cabeza supusiera un problema en el parto. Pero no lo hace. ¿Cuál es la razón? Pues que si se prolongara el embarazo (que dura una o dos semanas menos que el nuestro en los orangutanes y gorilas, y tres o cuatro semanas menos en los chimpancés) la madre no podría alimentar al feto lo suficiente por vía placentaria y el feto empezaría *a pasar hambre*. Por otro lado es obvio que una hembra de chimpancé, una hembra de orangután o una hembra de gorila no podrían sobrevivir en la selva con un vientre excesivamente abultado, simplemente por razones de agilidad. En resumen, en los grandes simios no es el tamaño del canal del parto lo que determina el

momento del nacimiento. Mecánicamente podrían parir crías con bastante más cerebro.

En nuestra especie también cuesta trabajo imaginar que una mujer pudiera, en el Paleolítico, con la vida tan activa que tenían, seguir llevando a su hijo en el útero más de las treinta y nueve o cuarenta semanas que dura el embarazo, aunque el canal del parto le permitiera dar a luz un feto de cabeza más grande. El periodo de desarrollo del feto tiene que tener un límite por el bien de los dos, madre e hijo. Seguro que toda mujer que haya sido madre está de acuerdo conmigo, aunque no viva en el Paleolítico.

En consecuencia, según la hipótesis metabólica, los niños vienen al mundo cuando la madre ya no es capaz de proporcionarles el alimento necesario por vía placentaria para que sigan desarrollándose dentro de su cuerpo, como un órgano más, ya que las demandas de energía son siempre crecientes.

El mismo estudio que niega el conflicto obstétrico también rechaza que exista una relación entre la biomecánica de la locomoción bípeda y la anchura del canal del parto. Dicho de otro modo, estrechando el canal del parto no se mejora la biomecánica de los músculos abductores. Por ese motivo, las mujeres, que tienen distancias entre acetábulos más grandes, no andan peor (no consumen más energía) que los hombres. Es verdad que en las olimpiadas sacan peores marcas en atletismo, pero deben de ser otras las variables que intervienen.

Otro trabajo que estudia el gasto metabólico en sujetos vivos también ha puesto en duda que las caderas anchas hagan que sea menos eficiente la locomoción bípeda. El gasto energético, concluyen los autores, no varía con la distancia entre los dos acetábulos.

Respecto de este argumento biomecánico en contra del dilema obstétrico, yo no esperaría que hubiera grandes diferencias dentro de la misma especie. Lo que importa son las diferencias entre especies. Todos los individuos de la misma especie son bastante parecidos en cuanto a sus prestaciones físicas, porque todos tienen el mismo modo de vida. Habrá diferencias, porque si no las hubiera la selección natural no podría actuar y no se produciría la evolución, pero dudo que sean fáciles de apreciar *en condiciones normales*. En realidad, las diferencias que importan a efectos de la selección natural no son las que existen en el día a día de las poblaciones, sino las que se ponen de

manifiesto *en situaciones críticas*. Es ahí, en ocasiones terribles en las que se producen grandes mortandades, cuando una diferencia muy sutil marca la diferencia entre la vida y la muerte. Y la siguiente generación heredará los genes de los supervivientes. O al menos así es como pensaba Darwin.

## La campana de Gauss y las siete y media

Pero hay datos que sí parecen demostrar que existe un dilema obstétrico en nuestra especie. El más convincente para mí tiene que ver con la campana de Gauss. En general, las distribuciones de las variables biológicas tienen la forma de una campana de determinado tipo (ni muy alta ni muy baja, ni muy ancha ni muy estrecha). Es lo que se llama la distribución normal o campana de Gauss, en honor de su descubridor, y la ha visto usted muchas veces. Por ejemplo, en la representación de las estaturas de una población, donde la mayoría de los valores están en el centro de la campana.

En una distribución del tipo llamado «normal» la media (el valor promedio), la mediana (el valor que deja a tantos individuos por encima como por debajo) y la moda (el valor más frecuente) son el mismo valor, porque la distribución normal es simétrica. Las distribuciones normales son la regla en biología y eso hace que la estadística sea una herramienta muy utilizada. La biología, en resumen, no es una ciencia basada en leyes rígidas y deterministas como las de la física, de obligado cumplimiento, sin excepciones, sino en leyes probabilísticas, que no por ello son menos exactas. No se sabe cuándo me voy a morir yo, afortunadamente, pero sí se conoce la esperanza de vida en el año 2023 de los hombres que nacimos en España en 1954; es decir, los años que nos quedan en promedio a los españoles varones de mi edad. La estadística nació para hacer negocio con los seguros de vida.

Pero en algunas raras ocasiones ocurre en biología que una de las colas (o extremos) de la distribución está truncada. Es lo que los ingleses llaman «distribución en borde de acantilado» (*edge-cliff*). Esa extraña distribución se produce cuando hay un valor que no se puede superar bajo pena de muerte. Mi amigo y colega Ignacio Martínez y yo bautizamos hace muchos muchos años a estas distribuciones como

«distribuciones en aleta de tiburón», y también como «distribuciones Black Jack» o «distribuciones siete y media». Ya se sabe, se puede ganar la partida de cartas sacando un siete, pero nunca con un ocho, que está a la misma distancia (medio punto) del valor límite de las siete y media.

Si el dilema obstétrico existe realmente uno esperaría que el diámetro de la cabeza del feto no pudiera ser más grande que un determinado valor, es decir, que la distribución de las frecuencias del tamaño de las cabezas de los recién nacidos esté truncada por la cola derecha: si son demasiado grandes no pasan. Y también se esperaría que la distribución de la anchura de los canales del parto de las mujeres estuviera truncada por la cola izquierda: si son muy estrechos el feto no podrá pasar. Y efectivamente, según un estudio,[2]así es como ocurre.

Resumiendo todo lo dicho, para mí y para otros autores, la hipótesis del dilema obstétrico no ha sido refutada.[3]Pero la controversia sigue.

## El amado parásito

Ahora podemos preguntarnos: ¿por qué la selección natural no ha favorecido un adelantamiento del parto para hacerlo más fácil? ¿Por qué no nacemos a los siete meses, por ejemplo, y nos ahorramos problemas en el parto para la madre y el feto? La respuesta puede ser que, en realidad, la lactancia no es menos exigente para la madre en términos metabólicos que la gestación, sino probablemente lo contrario. Después del parto tiene que alimentar a su hijo fuera del cuerpo, y eso empeora mucho las cosas.

Mientras está dentro del cuerpo el feto es, en cierto modo, comparable a un órgano, pero al salir se parece más a un depredador o, mejor, a un parásito, por fuerte que suene.

Me explico. Cuando se asciende en la pirámide ecológica se va perdiendo energía en cada salto de nivel. Seguro que ha visto dibujada la pirámide ecológica de algún gran ecosistema, como la pradera africana, con los leones arriba y los buitres todavía más altos, en la cúspide. Dicho de otro modo, se necesita mucho pasto (hectáreas de hierba) para alimentar a una sola cebra, y hacen falta muchas cebras

para dar de comer a un solo león. Esa es la explicación de que haya muchos menos leones que cebras en los ecosistemas africanos. Tanto es así que en un territorio que no sea muy grande, como una isla o un parque nacional, literalmente *no cabe* una población genéticamente viable de leones. Esa es también la razón por la que los humanos deberíamos comer menos carne en beneficio del planeta. Porque una vaca consume mucho alimento vegetal para alimentarnos a nosotros. Por no hablar de sus ventosidades de metano, que es un potente gas de efecto de invernadero. Pero me estoy alejando del tema del parto.

Lo que quiero decir es que un lactante es mucho más costoso para la madre que un feto, porque es como si hubiera ascendido en la pirámide ecológica y se hubiera convertido en un depredador o en un parásito.

Por eso la madre apura todo lo posible la estancia del feto en el útero, pero recuerde el juego de las siete y media que acabamos de comentar. No conviene crecer por encima de cierto tamaño si se quiere salir por la vagina.

Luego, después del parto, el bebé humano continúa su crecimiento, al mismo ritmo, durante el primer año de vida extrauterina. Se ha llegado a decir que el bebé es todavía un feto hasta que llega al primer cumpleaños, aunque no es del todo exacto porque los niños nacen ya con los ojos abiertos y los oídos funcionando. Pero sí es verdad que durante el primer año de vida el cuerpo y el cerebro humanos crecen a un ritmo fetal, como si todavía siguieran en el útero. En cambio los chimpancés bajan el ritmo de crecimiento a partir del nacimiento.

Otra buena razón para salir del útero cuando se cumplen las cuarenta semanas o antes, además de las estrecheces de la pelvis materna, es que para que se desarrolle el cerebro se necesitan ácidos grasos de cadena larga y esos se transmiten mejor al feto por la leche que por la placenta.

En resumen, es posible que, como suele ocurrir en biología, las dos hipótesis (la metabólica y el dilema obstétrico) sean compatibles, y tanto las dimensiones del canal del parto como el metabolismo tengan que ver con la dificultad del parto. De lo que no cabe ninguna duda es de que dar a luz duele, como dice el Génesis.

Ahora es el momento de que nos ocupemos de la anatomía del parto, al menos de la que se puede intuir desde fuera. Para ello volveremos una vez más sobre las referencias óseas que ya conocemos, las que podemos palpar. Nunca viene mal un repasito. Hemos hablado mucho de las alas ilíacas porque son asiento de músculos importantes para la locomoción bípeda. Pues bien, forman lo que se conoce como pelvis mayor o pelvis falsa, que es a la que en realidad el término «caderas» se aplica más propiamente según el diccionario de la Real Academia.

La pelvis mayor o falsa tiene que ver con la cavidad abdominal y no con la cavidad pélvica, que en las mujeres constituye el canal óseo del parto, que está contenido dentro de la llamada pelvis menor o pelvis verdadera.

La pelvis mayor está abierta por delante, es decir, ventralmente. Lo puede comprobar. Gracias a ese hueco ventral de la pelvis mayor se puede distender la cavidad abdominal en las mujeres embarazadas, y en las personas con un exceso de grasa abdominal también.

Sigamos con la exploración para conocer ahora las paredes de la pelvis menor. Por detrás tenemos perfectamente localizado el hueso sacro, que sí pertenece a la pelvis menor o verdadera porque es la pared posterior, y cóncava, de la cavidad pélvica. De hecho, el feto sigue en el parto una línea curva paralela a la del sacro.

La pelvis menor o verdadera es el anillo óseo que rodea el canal del parto, pero tampoco es continuo, sino que tiene dos huecos a cada lado, que están cubiertos por músculos. De uno de ellos ya hemos hablado: el agujero obturador.

El otro hueco en la pared de la pelvis menor se forma entre el hueso sacro y el hueso coxal y se llama escotadura ciática. Por ella pasa el nervio ciático. Ese hueco lo tapa un músculo que me atrevo a mencionar aquí (en el texto principal y no en un apéndice) porque forma ya parte del acervo popular. Se llama músculo **piramidal** o m. **piriforme**; se origina en el hueso sacro y se inserta en el trocánter mayor del fémur, nuestro viejo conocido.

Hay un síndrome del m. piramidal que consiste en un dolor intenso en la región de las nalgas y es resultado de la compresión que ejerce el músculo piramidal sobre el nervio ciático (que pasa por la escotadura ciática). No hay que confundirlo con el dolor que se llama

normalmente «ciática» y que tiene su origen en la columna vertebral y no en las nalgas.

Para que recuerde mejor dónde se encuentra el músculo piramidal le voy a dar el nombre de un dolor que tiene que ver con este músculo: el síndrome de la billetera. Efectivamente, los hombres tienen la costumbre de meterse la billetera en el bolsillo posterior del pantalón (unos vaqueros, por ejemplo), concretamente en el derecho si son diestros. Y si permanecen mucho tiempo sentados sobre la billetera (y esta es abultada) se produce un desequilibrio de la pelvis, al estar un lado más alto que otro, con los correspondientes problemas en la zona lumbar, además de provocar la irritación del músculo piramidal, su respuesta en forma de contracción y la inevitable compresión del nervio ciático, que es la causa del dolor. Naturalmente, solo se produce en el lado del bolsillo trasero donde se ha metido la billetera.

Y como un cuenco que es, la pelvis tiene un suelo, pero no es de hueso sino de músculo, y se llama, claro está, suelo pélvico. Se habla tanto de él en todas partes que le aconsejo que le eche un vistazo al «Apéndice 5». Pero no se asuste porque es fácil. Ya le adelanto que solo dos músculos forman el suelo pélvico: el m. **elevador del ano** y el m. **coccígeo**. La función del primero está clara. El nombre del segundo nos dice que termina en el cóccix, que es lo poco que nos queda de la larga cola de nuestros remotos antepasados. Pero una gran parte del m. elevador del ano también va a parar al cóccix, de donde se puede deducir que, agárrese, los antiguos músculos de la cola han tenido mucho que ver con nuestro suelo pélvico. Bricolajes de la evolución.

## Entrada del feto al canal del parto

La pelvis mayor o falsa forma parte de la cavidad abdominal, ¿pero qué órganos se encuentran dentro de la pelvis menor o verdadera, que es un espacio diferente y más bajo? En las mujeres están los órganos sexuales internos: vagina, útero, ovarios y trompas. En los hombres la próstata y las dos vesículas seminales. Y en los dos sexos el recto y la vejiga de la orina. El útero se encuentra entre una y otra; al crecer el feto el útero se expande en la cavidad abdominal. Cuando está llena

de orina también lo hace la vejiga.

La entrada al canal del parto se llama estrecho superior y está inclinada hacia delante. De pie forma un ángulo de 50°-60° respecto al plano horizontal. Lo podemos imaginar bien desde el exterior, porque el borde superior del sacro (señalado por los dos hoyuelos de la espalda) está más alto que el pubis. Cuando un gran simio pone el tronco derecho, el sacro forma la pared posterior de la cavidad pélvica. Eso se debe a que en los grandes simios no hay una curvatura lumbar. Pero, como los humanos sí la tenemos, el sacro no solo forma la pared posterior de la cavidad pélvica, sino también su techo. Hablaremos mucho de la lordosis lumbar en la segunda parte de este libro, cuando tratemos la columna vertebral, porque es una de las señas de identidad del simio bípedo que somos nosotros los humanos.

El estrecho superior es uno de los tres planos en los que se divide el canal del parto, y puede haber conflicto pélvico-cefálico (o sea, que la cabeza del feto no pase) en cualquiera de los tres planos.

El feto a término se encuentra alojado en la cavidad abdominal y tiene que atravesar el estrecho superior para encajarse (así es como se dice) en el canal del parto. Para ello la cabeza del feto se dispone (en el estrecho superior) transversalmente, en algunos casos, o diagonalmente, en la mayoría de los partos.

El diámetro anteroposterior del estrecho superior se llama también diámetro dorsoventral (ya que va del dorso al vientre) o diámetro sagital. Vamos a utilizar mucho la palabra «sagital» para hablar del parto. Tal diámetro sagital va desde el borde superior de la sínfisis púbica hasta la articulación de la primera vértebra sacra con la quinta vértebra lumbar. Ese punto en anatomía se llama promontorio porque, a causa de la lordosis o curvatura lumbar, forma un ángulo que se proyecta en el interior del estrecho superior.

Como los hombros se disponen perpendicularmente a la cabeza, si la cabeza del feto ocupa una diagonal cuando atraviesa el estrecho superior, los hombros ocuparán la otra diagonal. La elección no es voluntaria por parte del feto, obviamente, sino que la cabeza se acomoda pasivamente a los diámetros más grandes de la entrada al canal del parto, que, como acabo de decir, suelen ser las dos diagonales (en algunos casos, el diámetro transversal).

## Máximo peligro

Una vez atravesado el plano superior del canal del parto viene lo más difícil porque el isquion tiene dos láminas triangulares que se proyectan hacia dentro y se llaman espinas isquiáticas o ciáticas, de las que no habíamos hablado hasta ahora. La distancia entre las dos espinas ciáticas es el diámetro más pequeño de todo el recorrido que tiene que realizar el feto para nacer. Eso obliga a que la cabeza del feto tenga que rotar para orientarse de delante atrás, situándose en el plano sagital.

Superado el mayor estrechamiento del canal del parto, es decir, después de que la cabeza pase rozando las dos espinas ciáticas, ya solo le falta salir al exterior por la abertura inferior de la pelvis, el *exitus pelvis*.

## Salida del feto

Hay aquí, en la salida, un diámetro muy importante, que es la distancia entre las dos tuberosidades isquiáticas. Ahora mismo puede usted volver a sentarse sobre las manos haciendo un cuenco para apreciar bien las famosas tuberosidades. En las mujeres la distancia es mayor que en los hombres, como sucede también con las espinas ciáticas. Aprovechemos esta palpación para subir un poco con las manos por las ramas isquiopúbicas hacia la sínfisis púbica. Se puede.

Si la distancia entre las dos tuberosidades es demasiado pequeña el feto va a tener graves problemas para nacer porque la puerta de salida es el triángulo que forman las ramas isquiopúbicas, llamado arco púbico. Para facilitar el parto, este es un triángulo más abierto y de lados más curvados y evertidos (doblados hacia fuera) en las mujeres, asemejándose más a una arcada, incluso a un arco gótico ojival, que a un triángulo.

Aparte de una arcada púbica amplia y curvada, en todas las poblaciones humanas la pelvis femenina supera al otro sexo en los diámetros transversales de la pelvis verdadera o menor, la que tiene importancia obstétrica, tanto en el plano de entrada al canal del parto (estrecho superior) como entre los dos acetábulos, las dos espinas ciáticas y las dos tuberosidades isquiáticas. Y eso a pesar de que en

promedio las mujeres son más bajas que los hombres. Es en la anchura de la pelvis falsa o mayor, que se toma entre las crestas ilíacas, donde superan los hombres ligeramente a las mujeres, pero en términos absolutos, no en relación con la estatura. Estas diferencias tan radicales en las pelvis masculina y femenina, que solo pueden entenderse por el hecho de que las mujeres son las que paren, favorecen, me parece a mí, la hipótesis del dilema obstétrico.

A eso se suma que no se encuentra tal dimorfismo sexual, o por lo menos no en un grado comparable, en el resto de los mamíferos, incluyendo los primates. La madre naturaleza, como se decía antes, o la selección natural, como diría Darwin, ha preparado a la pelvis femenina para dar a luz fetos al límite de su tamaño, como si los fetos esperaran hasta el último minuto para nacer, o mejor, como si la madre biológica esperara hasta el último momento para expulsarlos.

## El rombo del perineo

Como ya sabemos muy bien, las dos tuberosidades isquiáticas forman las esquinas laterales de un rombo que tiene a la sínfisis púbica como vértice delantero (ventral) y a la última vértebra sacra como vértice trasero (dorsal). Estos cuatro vértices se pueden tocar sin el más mínimo problema (debería volver a hacerlo para entender lo que sigue ahora). Es importante recordar que las dos tuberosidades isquiáticas están más separadas en las mujeres que en los hombres. Es decir, el rombo es más ancho en ellas. Pero también es mayor la distancia entre la sínfisis púbica y el punto más bajo del hueso sacro en las mujeres. En resumen, el rombo de salida de la pelvis (que tal vez esté palpando ahora) es más grande en las mujeres que en los hombres en los dos diámetros, el transversal y el sagital. Y no por razones biomecánicas (de locomoción), sino por razones obstétricas (de parto).

Pues bien, ese rombo no es imaginario porque tiene lados reales, físicos. Los dos lados de delante del rombo son de hueso: las ramas isquiopúbicas, esas dos barras de hueso que puede usted tocar en las ingles. Y los dos lados de detrás del rombo son de ligamentos, porque hay en cada lado un ligamento que va del sacro a la tuberosidad isquiática y se llama por eso ligamento sacrotuberoso.

Así se forman en el perineo un triángulo urogenital y un

triángulo anal. Normalmente, en el parto ideal o eutócico, la cabeza del feto emerge por debajo de la sínfisis púbica, *rodando* alrededor de esta para salir con el occipucio por delante. Pero si el arco púbico es demasiado estrecho, a causa de que las dos tuberosidades isquiáticas están demasiado juntas, en lugar de girar alrededor de la sínfisis la cabeza del feto lo tendrá que hacer un poco más atrás, allí donde el arco púbico se abra lo suficiente como para que pase, lo que provoca tensiones en el perineo.

En un caso realmente extremo la cabeza del feto tendrá que girar alrededor de las tuberosidades isquiáticas sin llegar a pasar por el arco púbico. El perineo va a sufrir enormemente al distenderse en exceso, con peligro de rotura, y además podría no haber suficiente espacio por detrás, entre las tuberosidades y el sacro, con lo que el parto sería imposible.

Imagínese ese parto problemático o distócico extremo ahora que acaba de sentarse con las tuberosidades sobre las palmas de las manos. No es lo mismo, como puede usted comprobar con sus propias manos, que el feto gire alrededor de su sínfisis púbica y pase por el arco púbico o que gire alrededor de las tuberosidades isquiáticas.

## El mecanismo del parto

Vayamos ahora al feto para seguir sus movimientos, lo que se conoce como el mecanismo del parto. En la presentación más frecuente en nuestra especie, llamada presentación de vértice o cefálica flexionada, la cabeza del feto se flexiona sobre el pecho para hacerse más corta, de modo que en lugar de ofrecer un contorno alargado presenta uno casi circular. Pasa de ser una cabeza con forma ovoide a aproximarse a la forma esférica.

Finalmente el occipucio (la coronilla) del feto asoma por debajo de la sínfisis púbica, con la cara orientada en sentido contrario a la cara de la madre. Al ir saliendo fuera, girando alrededor de la sínfisis púbica, la cabeza del feto se extiende, es decir, se flexiona hacia detrás (sobre la espalda) en una flexión dorsal o deflexión.

Ya se ha producido el desprendimiento de la cabeza, pero aún tiene que producirse el de los hombros, para lo cual la cabeza tiene que girar 90° (en un movimiento que se llama restitución), ya que el

eje de la cabeza y el de los hombros forman un ángulo recto y los hombros tienen que pasar (primero uno y luego otro) de la misma manera que la cabeza lo ha hecho antes.

Se ha dicho, con razón, que la nuestra es la única especie en la que el parto es un acto social, no uno solitario, porque hay personas expertas (tradicionalmente las comadronas) que pueden hacer las cosas más fáciles ayudando en el parto de la cabeza y en el de los hombros.

Recuérdese que en nuestra especie, normalmente (aunque no siempre), durante el desprendimiento de la cabeza la cara del niño que está naciendo se dirige hacia atrás, por lo que la madre no debe hacer tracción para facilitar el parto, ya que podría exagerar la flexión dorsal de la cabeza y producir lesiones medulares.

Después del parto de los hombros, el parto del cuerpo es fácil porque es más estrecho. Cuando ya está el niño fuera se produce, al cabo de un rato, la expulsión de la placenta y de las membranas. A partir de ese momento la alimentación será en forma de leche.

## Lucy se pone de parto

En los grandes simios el parto es muy diferente. Para empezar, dura mucho menos tiempo. En segundo lugar, es mucho más holgado porque no hay conflicto pélvico-cefálico. En tercer lugar, como acabo de decir, la salida del feto se produce por detrás de las tuberosidades isquiáticas, no por delante, ya que el triángulo urogenital es muy reducido, casi inexistente. Y en cuarto lugar, es un parto recto porque el canal de parto es recto, no arqueado como entre nosotros.

Todo esto hace que el complicado mecanismo del parto humano no se produzca en los grandes simios. Se pensaba que en los simios la cara del feto miraba siempre hacia delante, como en los monos con cola, pero se ha visto que no necesariamente es así. En cualquier caso su parto es rápido y fácil y la madre se puede ayudar a sí misma durante el mismo tirando del feto sin que su cuello corra peligro.

La gran pregunta es la de cuándo apareció en la evolución humana el parto actual, con su complicado mecanismo que implica flexión, extensión y rotación de la cabeza del feto. Para contestarla hay que tener en cuenta la forma y el tamaño de la pelvis femenina y

el volumen del cerebro del feto a término. Ambas cuestiones son difíciles de abordar porque no abundan las pelvis y no hay apenas bebés en el registro fósil.

Tenemos por supuesto que volver a Lucy, porque sigue siendo la pelvis de australopiteco más completa de que disponemos. Hay otras, pero es más difícil reconstruir sus canales del parto. Podemos preguntarnos qué ocurriría si intentáramos hacer pasar un feto a término de chimpancé por el canal del parto de Lucy. En realidad ni siquiera hace falta que simulemos el parto digitalmente (en el ordenador), se puede experimentar mecánicamente con una réplica de la pelvis de Lucy y una reproducción de un feto a término de chimpancé. Hay muchas razones para pensar que el australopiteco recién nacido no sería muy diferente. La más importante es que el cerebro de Lucy no era mucho más grande que el de un chimpancé. Del cráneo de Lucy no se conserva casi nada, pero hemos de suponer que sería como el de las demás hembras de su especie (*Au. afarensis*) o de cualquier otra especie de australopiteco. Si en los australopitecos y en los chimpancés el cerebro del recién nacido guardaba una proporción similar con el cerebro del adulto, podemos utilizar el feto de chimpancé para el experimento. La cabeza del hijo de Lucy no sería mucho mayor. Esa proporción entre el cerebro del recién nacido y del adulto es del 40 % en los chimpancés y del 30 % en los humanos, que por eso tienen que crecer a ritmo acelerado (a ritmo fetal) durante el primer año de vida para recuperar el retraso.

Aprovecho para decir que los proponentes de la hipótesis metabólica (que están —recordemos— en contra de la hipótesis del dilema obstétrico) calculan que tampoco se necesitaría aumentar mucho las dimensiones promedio del canal del parto de las mujeres actuales (unos tres centímetros en el diámetro más estrecho) para que pasara un feto con un cerebro que ya hubiera crecido hasta el 40 %. Muchas mujeres vivas, señalan, tienen canales del parto de esas dimensiones, sin que padezcan ninguna limitación a la hora de caminar eficientemente, y por lo tanto podrían dar a luz a niños con la cabeza más grande después de una gestación más larga. Es un buen argumento, pero que no casa con lo que hemos dicho de las diferencias que existen entre la pelvis masculina y la femenina. Ese dimorfismo pélvico indica que el parto se ha llevado al límite.

El bebé que tomamos en los brazos después del parto es muy

gordito, con mucha grasa, muy rico, y nos los comeríamos, como solemos decir. Los de los grandes simios y primates en general no son así, sino delgados, flacos, dan pena. Un recién nacido humano pesa unos tres kilos y medio, mientras que los de los gorilas solo pesan dos kilos y los de los chimpancés un kilo y medio. Son cifras promedio, como todas las madres y todos los padres saben por los pesos de sus hijos al nacer. Suponemos que el hijo de Lucy se parecería a una cría de chimpancé.

La pelvis de Lucy es muy especial, porque es oval en sentido transversal (de lado a lado) en los tres planos del canal del parto: el plano de entrada (estrecho superior), el plano medio (definido por las espinas ciáticas) y el plano de salida (entre las tuberosidades isquiáticas). Es decir, el diámetro sagital era más pequeño que el transversal en todo el canal del parto de Lucy.

En los demás primates, incluidos los grandes simios, el canal del parto es todo él ovalado del pubis al sacro, es decir, ovalado sagitalmente o de delante atrás. En los monos con cola el canal del parto es estrecho en relación con la cabeza del feto, y hay por ello dificultades en el parto, que es muy ajustado. En los grandes simios la anchura del canal del parto es mucho más grande que la de la cabeza del feto y no hay problemas mecánicos, como he dicho ya.

En la especie humana actual la entrada al canal del parto tiene en las mujeres su máxima anchura en los diámetros diagonales o en el transversal, pero en el plano medio el diámetro transversal es menor que el sagital (que, recordemos, es el que va del pubis al sacro). Por eso en el parto humano hay rotación de la cabeza, que se encaja en una posición (transversal o diagonal) y sale en otra (sagital) porque ha girado para orientase según el plano medio del cuerpo y salir, en los casos más frecuentes, con el occipucio por debajo de la sínfisis púbica.

En resumen, el parto humano es complicado porque: i) la cabeza del feto es grande en relación con el canal del parto; ii) los diámetros más estrechos (los más difíciles de pasar) no son los mismos en el plano de entrada y en el plano medio del canal del parto, y iii) la trayectoria que sigue el feto en el parto es curvada debido a que el eje del canal del parto está doblado, no es recto como en los demás primates. Todo eso complica el mecanismo del parto, que requiere del feto flexiones y extensiones de la cabeza, así como rotaciones de la cabeza y de los hombros.

Lucy murió al final de la adolescencia, con la muela del juicio (el tercer molar) ya presente y funcionando, pero con los huesos del cuerpo no del todo soldados (aunque les falta muy poco). Si fuera una hembra de chimpancé tendría unos doce o trece años, y es razonable pensar que esa era su verdadera edad, porque el desarrollo de los australopitecos seguramente era parecido al de los grandes simios.

Suponemos esto en primer lugar porque hay una relación entre el tamaño del cerebro de un primate y la duración de su periodo de crecimiento y maduración, y ya hemos dicho que el cerebro de un australopiteco solo era un poco mayor que el de un chimpancé. Además, parece que el estudio de los ritmos de formación de los dientes indica lo mismo. En consecuencia, Lucy estaría embarazada o acabaría de dar a luz cuando murió. En el segundo caso la madre y el feto tuvieron suerte, aunque no les duró mucho a ninguno de los dos, porque si murió la madre tampoco habría podido sobrevivir su cría lactante.

Nunca sabremos si Lucy parió una cría pero podemos preguntarnos por la modalidad del parto que habría tenido. ¿Es posible que fuera un parto transversal? ¿Es decir, que entrara y saliera en la misma posición? Hay quien lo defiende, porque una vez que se encajara transversalmente, el feto no tendría problemas para atravesar en esa posición el resto del canal del parto.

Esa variante del parto, que se llama en obstetricia transversa baja o transversa persistente, se puede dar en la especie humana sin que necesariamente sobrevenga una desgracia, sobre todo en fetos con cabeza pequeña, pero no es nada frecuente. Lo más normal es la presentación de vértice.

La última posibilidad que quedaba por explorar es la del parto oblicuo y ha sido propuesta recientemente.[4]La modalidad transversa baja soluciona la estrechez del canal del parto de Lucy entre el pubis y el sacro, pero ¿qué pasa con los hombros, que están en ángulo recto con la cabeza? ¿Podrían pasar entre el pubis y el sacro en los tres planos del canal del parto o se produciría una «distocia de los hombros»?

Lo primero que hay que saber para contestar a esta pregunta es cuál era la distancia biacromial (anchura de los hombros) en un recién nacido de australopiteco. En su momento hablaremos de la anchura de los hombros de los australopitecos adultos, porque en algunos casos

parecen haber sido más anchos que en los chimpancés. Pero incluso aunque la anchura de los hombros de los australopitecos recién nacidos fuera como la de los chimpancés recién nacidos, los autores de este reciente estudio sostienen que el feto a término tendría serios problemas con los hombros para atravesar el plano medio del canal de parto en una presentación transversa, y proponen un nuevo mecanismo del parto para los hijos de Lucy: la cabeza del feto entraría en el canal del parto orientada transversalmente y con los hombros orientados sagitalmente (no parece haber problemas en este plano de entrada), giraría en el plano medio para orientar oblicuamente tanto la cabeza como los hombros (aunque ocupando diagonales distintas) y finalmente saldría con la misma orientación oblicua que adoptó en el plano medio.

Los autores del trabajo añaden que dadas las dificultades de este parto, por el hecho de ser semirrotacional (como lo describen ellos), sería bienvenida cualquier asistencia desde fuera por parte de otros australopitecos, con lo que estaríamos asistiendo al comienzo del parto social que caracteriza a la especie humana actual.

Sin embargo, los mismos autores llegaron poco más tarde a la conclusión de que el parto sería transverso bajo, es decir, sin rotación alguna del feto —que entraría y saldría con la cabeza orientada transversalmente y los hombros sagitalmente— en otra especie de australopiteco, la del yacimiento de Malapa (*Au. sediba*). Para ello han reconstruido la pelvis del individuo MLH 2, una hembra adulta apodada Issa, y encuentran que se ha producido una expansión del diámetro sagital del canal del parto, que tendría ya suficiente holgura como para que pasaran los hombros.[5]

Tanto la presentación transversa baja como la diagonal son variantes del parto que no se conocen —como norma— en ninguna especie de primates, la nuestra incluida. ¿Es posible que los australopitecos parieran de manera habitual con una presentación tan rara?

Pero quizás la pelvis de Lucy no represente la norma entre las hembras de australopiteco. En efecto, otros esqueletos de australopitecos parecen indicar que la cadera normal de una hembra de australopiteco no era tan platipeloide como la de Lucy, es decir, tan alargada transversalmente y tan estrecha sagitalmente. Y eso es lo que yo pienso, que la pelvis de Lucy era de un tipo poco frecuente. Un

buen ejemplo de lo que podría ser una pelvis femenina normal de australopiteco es el esqueleto etiquetado como Sts 14, perteneciente a la especie *Au. africanus* y procedente del yacimiento sudafricano de Sterkfontein.

Por lo tanto, queda todavía sin resolver el gran problema de la paleobstetricia: cuándo empezó el mecanismo del parto que vemos en la generalidad de los partos actuales, es decir, el parto rotacional. En qué momento la cabeza del feto se encajaba en una posición (transversa o diagonal) y salía, por debajo de la sínfisis púbica, en otra (sagital).

## El origen del parto rotacional

La pelvis más completa que existe (la única completa, en realidad) de una especie fósil perteneciente a nuestra evolución es la del individuo apodado Elvis, procedente de la Sima de los Huesos de Atapuerca. Hablaremos más de Elvis en la segunda parte de este libro, pero al ser un hombre no resuelve el problema de cuándo empezó el parto rotacional. De los neandertales también se conservan algunas pelvis, incluso femeninas, en general bastante incompletas, pero la discusión continúa sin que pueda decirse que se ha llegado a un acuerdo general.

Ya que no se ha resuelto el problema del origen del parto rotacional, al menos explicaré cuáles son las principales variables que entran en juego. El punto crítico (o mejor, el más crítico, porque todos lo son) en el canal del parto es el diámetro entre las espinas ciáticas, en la mitad del recorrido. Se trata de un diámetro transversal, porque las espinas están cada una a un lado. Puede haber problemas también a la entrada y a la salida, pero vamos a concentrarnos en el plano medio. Si la distancia entre las espinas ciáticas en una especie fósil fuera de las consideradas peligrosamente pequeñas en las mujeres actuales, podríamos suponer que ahí tendría que rotar la cabeza del feto en el caso de que tuviera las dimensiones del feto actual. En el caso de los neandertales parece que tal cosa ocurriría, puesto que los neandertales adultos tenían cerebros de volumen incluso superior al nuestro. Siempre, claro está, que la proporción entre el cerebro del recién nacido y el del adulto fuera la misma que en nuestra especie, el

30 %.

Los fósiles de la Sima de los Huesos pertenecen a una población de preneandertales, y el cerebro de sus adultos era claramente menor que el nuestro y que el de los neandertales, por lo que la cabeza del feto a término podría ser también menor que la nuestra, facilitando el parto.

Para complicar el problema, las espinas ciáticas son muy delicadas y se rompen prácticamente siempre. Por fortuna, en Elvis se conservan bastante completas (a falta del ápice) y la anchura interespinosa es de al menos 116 milímetros, es decir, superior a la mayoría de las mujeres actuales, a pesar de ser un hombre. Si la diferencia entre los sexos (el dimorfismo) fuera como la actual, las mujeres de la Sima de los Huesos tendrían canales del parto aún más anchos.

¿Eso quiere decir que el parto no era rotacional en las mujeres de la Sima de los Huesos?

Hay autores que defienden que la modalidad del parto ha sido en todas las especies fósiles la transversa persistente: el feto hace todo el recorrido con la cabeza orientada transversalmente. El parto rotacional sería así exclusivo del *Homo sapiens*. Yo me he pronunciado a favor de que ya existía parto rotacional en los neandertales y preneandertales, así como también en los presapiens, y diré por qué.

Ya he dicho que el parto transverso persistente se puede producir en nuestra especie sin grandes problemas en pelvis femeninas muy anchas y con fetos de cabezas muy pequeñas, y esa parece ser la situación en las especies fósiles, tengo que admitirlo, pero me parece que además del canal de parto óseo hay que tener en cuenta el canal del parto blando, formado por la vagina y el perineo, y ahí es donde yo veo el principal argumento a favor del parto rotacional. El parto transverso persistente es mucho peor que el de vértice para el canal del parto blando, y también para el cuello del feto. Por eso pienso que por lo menos en la Sima de los Huesos y en los neandertales el parto era ya rotacional.

Esperemos que aparezca una pelvis femenina completa en la Sima, o en cualquier otro yacimiento, y se pueda avanzar algo más en este gran enigma del origen del parto rotacional, en el que parece que, como en los partos distócicos, estamos atascados.

Músculos del perineo femenino. *Gray's Anatomy*.

# Segunda parte
# De cintura para arriba

# LA TRIPA Y LA COMIDA

*Póngase delante del espejo con el torso desnudo. Tal vez no vea nada en la zona de la tripa, solo un cinturón de grasa sin relieve. Si es ese su caso no podrá observar los músculos de la región abdominal de los que hablo en este capítulo y tendrá que estudiarlos en cuerpos más deportivos o en las esculturas grecolatinas (como hago yo, por si le sirve de consuelo). De todos modos, los músculos están ahí debajo. Si puede verlos, seguramente ya sabe cómo se llaman, pero hay muchas más cosas que aprender en este capítulo.*

## La tan deseada *tableta* de abdominales

Según la Real Academia, la palabra «torso» vale para el tronco humano y para una estatua falta de cabeza, brazos y piernas. Así es como han llegado hasta nosotros muchas de las estatuas de piedra de la Antigüedad clásica. En talleres como el de Bernini en Roma las completaban, y les ponían los miembros y la cabeza que les faltaban, como en muchas de las esculturas clásicas de la colección que reunió la reina Cristina de Suecia y están hoy en el museo del Prado. Como no siempre conocían la estatua original, muchas veces esas reconstrucciones eran erróneas.

Acabamos de ver las caderas, así que lo mejor será que miremos por encima de las crestas ilíacas, que son su borde superior. ¿Qué es lo que vemos en una escultura griega? Un gran pliegue a los lados que se continúa por delante en dirección al pubis. El pliegue que está por encima de las crestas ilíacas lo forma sin duda un músculo que se marca a cada lado como una almohadilla. Pero el pliegue que baja hacia el pubis se corresponde con el ligamento inguinal, no con músculo alguno. El ligamento inguinal va desde la espina ilíaca anterosuperior (el «pico de la cadera» que ya conocemos) hasta el cuerpo del pubis.

Veo en las páginas de internet correspondientes que se llama cinturón de Adonis o V del bajo abdomen al tan deseado pliegue de la ingle. Sin embargo, al no existir ningún músculo con esa dirección, sino solo un ligamento, es difícil desarrollarlo en un gimnasio (aunque sobre esto veo también en esas páginas que hay opiniones contrapuestas).

Todo el conjunto de pliegues del abdomen está muy marcado en la estatuaria clásica, y es muy envidiado por los que quieren tener un cuerpo perfecto (y enseñarlo), ahora al igual que entonces. Lo mismo pasa con los llamados «abdominales», los bultos que se forman en la tripa de los más atléticos. Los demás también los debemos de tener, pero no afloran. Junto con los pectorales y la caja torácica, todo este conjunto de huesos, músculos y pliegues componen el canon griego, el de Policleto, que mire usted por donde sigue siendo válido para nuestros deportistas y para las estrellas de cine que se toman como modelos de belleza masculina. El femenino es diferente, y también nos ocuparemos de él. Ahora toca decir que en ellas no hay separación entre la almohadilla lateral y la cadera, sino que se continúan sin pliegue interpuesto.

Pero no solo muestran esas características las esculturas grecolatinas o las que siguen la tradición clásica en el Renacimiento, como el *Perseo* de Benvenuto Cellini en Florencia (mi favorito), sino también las de inspiración judeocristiana como el *David* de Miguel Ángel. También los cristos, en la cruz o incluso muertos (como en la *Piedad*), muestran su anatomía, puesto que están casi desnudos, y hacía falta conocerla bien para poder esculpirlos o pintarlos.

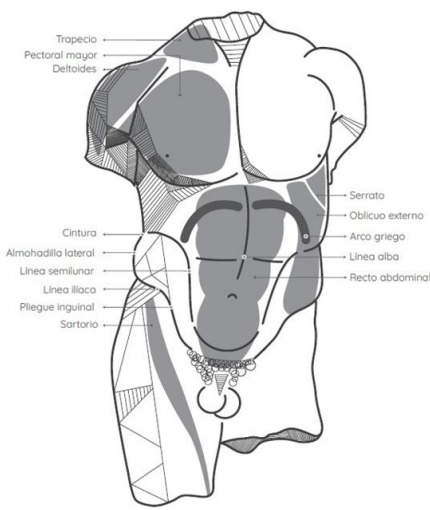
Una vez que desaparecen las ropas aparece el cuerpo, y la iconografía cristiana muestra desnudos (o casi) a Adán y Eva, a Jesús y a san Sebastián. Véanse por ejemplo los martirios de san Sebastián de Rubens, del Greco, por supuesto, de Paolo Veronese, y de muchos otros. El de Guido Reni en el Prado me entusiasma. Pero a pesar de su detalle anatómico, las pinturas no marcan el conjunto de pliegues que exhiben el *Diadúmeno* y el *Discóforo* del mismo museo, porque el relieve y el bulto pertenecen al mundo de la escultura.

Hay que hablar pues de músculos del tórax y del abdomen. No son demasiados y además ya los conocemos, porque forman parte de nuestra vida cotidiana. En el centro del abdomen está el músculo **recto mayor** (o recto anterior), uno a cada lado, separados por una

línea tendinosa central que va de arriba abajo formando un surco en el exterior, la llamada línea alba (por ser de color blanco en la disección, mientras que los músculos son rojizos porque tienen más sangre). Lateralmente, el m. recto mayor está delimitado por otro surco vertical, llamado a veces línea semilunar, que también es de naturaleza tendinosa. Así, los dos rectos mayores forman unas bandas anchas comprendidas entre la línea alba y la línea semilunar, que se estrechan y se aproximan en la parte inferior, cuando se acercan al pubis.

A su vez los rectos mayores están compartimentados por líneas transversales o intersecciones, también tendinosas, que dividen cada músculo en tres o cuatro vientres, como si los rectos estuvieran almohadillados. La intersección inferior del recto se encuentra más o menos a la altura del ombligo. La piel se adapta a estos cuadriláteros, lo que hace que los lóbulos musculares se marquen en el exterior... si no están recubiertos por una capa de grasa. Es la popularmente llamada tableta (de chocolatina), en inglés *six pack* (creo que aludiendo a que las cervezas vienen en grupos de seis).

LOS MÚSCULOS DEL *DISCÓFORO*




Estos bultos no siempre son simétricos y puede haber más en un lado que en otro. He aquí *los abdominales* que están deseando mostrarnos a la menor oportunidad los que los tienen, en buena

medida porque para eso los han trabajado. Hace falta ejercitarlos todos los días con admirable aplicación y no tener nada que los oculte, por lo que la alimentación, muy limpia de grasa, es tan importante como el gimnasio.

Como a casi todo el mundo, me encantaría tener esos abdominales, aunque en realidad me conformaría, a mi edad, con acercarme un poco al aspecto maduro y algo fatigado después de tanta lucha del dios Marte de Velázquez (también en el Prado). Pero mis abdominales, como los de usted, están ahí, aunque nadie los vea porque los tapa la capa de grasa. Basta tumbarse y levantar las piernas, o levantar el tronco, para que se contraigan y se endurezcan y nosotros podamos tocarlos y comprobarlo.

Los rectos mayores se originan en los cartílagos de las costillas y en la punta del esternón (llamada apófisis xifoides) y su «oficio» (como diría Valverde) lo conoce todo el mundo porque se realizan tablas de ejercicios para desarrollarlos: aproximar la caja torácica al pubis (donde se insertan).

## ¿Tiene usted un *arco griego* en su propio cuerpo?

En el museo del Prado, junto al *Diadúmeno*, podemos ver un torso estupendo que es una réplica romana (hecha hacia el 130-140) de otra escultura de Policleto, el *Discóforo* o portador de un disco. Como a la estatua le faltan la cabeza y la mayor parte de los miembros podemos utilizarla para estudiar a fondo la anatomía de superficie del abdomen sin que nada desvíe nuestra atención hacia otro lado. El *Discóforo* original se data hacia el 460 a. C. y es la primera de las esculturas conocidas de Policleto. La esculpió veinte años antes que su famoso *Doríforo*, en el que se materializa el canon de Policleto, el modelo de perfección humana. Para Stephan F. Schröder, el concepto de perfección griega tenía que ver con la identificación de lo bello con lo moralmente bueno y también con el orden divino que los seguidores de Pitágoras buscaban a través de las matemáticas.[1]

En el museo del Prado no hay ninguna copia romana del *Doríforo* griego, pero ha aparecido una muy completa y de excelente calidad en las termas de Baelo Claudia (bahía de Bolonia, Cádiz), esculpida en mármol de la isla griega de Paros. La anatomía abdominal de este

*Doríforo*, el único encontrado hasta la fecha en la propia Hispania, es como la del *Discóforo* del Prado.

En las esculturas griegas masculinas más arcaicas, llamadas *kurós* (el plural es *kuroi*), se pueden ver seis lóbulos por encima del abdomen y dos más por debajo, lo cual es sencillamente impresionante. Pero en las de Policleto, como en el resto de la Antigüedad clásica e incluso en el Renacimiento, la línea horizontal que debería marcarse en superficie a la altura del ombligo apenas se insinúa o ni siquiera existe, y por encima del ombligo solo se aprecia una línea horizontal, de manera que el ideal clásico griego de *abdominales* es de cuatro lóbulos, un *four pack*. Los griegos clásicos no presumían por lo tanto de un gran número de *onzas* en sus *chocolatinas*, solo cuatro. Les parecía más bello un abdomen en el que el bajo vientre (que se conoce como hipogastrio en anatomía) no estuviera dividido en lóbulos, sino que fuera continuo e incluso que estuviera suavemente curvado. He de decir que yo también prefiero el canon griego.

Si se fija ahora apreciará una especie de arco muy saliente en la abertura de la caja torácica de las estatuas clásicas, como el *Discóforo*, el *Diadúmeno* o el *Doríforo* de Policleto. Su nombre en la anatomía artística es el de arco abdominal redondo o arco griego.

Elliot Goldfinger, en su excelente obra *Human Anatomy for Artists. The Elements of Form* (1991), da una complicada explicación anatómica del arco griego, pero a mí, y a pesar del esfuerzo de Goldfinger, más me parece el arco griego una convención, una cuestión de estilo, que una realidad anatómica. Es una parte del cuerpo humano ideal creada, inventada, por los griegos, como el rodete que cruza el muslo por encima de la rodilla, y al que Paul Richter se esforzaba en encontrarle una base anatómica, como vimos. El artista griego partía de la realidad, pero la trascendía yendo más allá.

Ahora bien, puede que usted me desmienta con su propio cuerpo si tiene un arco griego como el que lucen el *Discóforo* o el *Diadúmeno* del museo del Prado o un rodete por encima de la rodilla, como el del *Diadúmeno* o el *Poseidón*.

## El flotador

En estas y en otras estatuas clásicas, a cada lado del abdomen destaca un poderoso relieve que forma una especie de almohadilla lateral que se apoya en la cresta ilíaca, a la que desborda. Por encima de esa almohadilla se encuentra la cintura, el talle, el lugar donde el torso es más estrecho. Así tenemos ya el conjunto de rasgos que definen la anatomía abdominal en las esculturas griegas masculinas: el surco vertical (adaptado a la línea alba) entre los dos rectos; los surcos transversales, que dividen a los rectos en cuadriláteros o lóbulos; los surcos verticales, uno a cada lado del abdomen, que separan los rectos de las almohadillas laterales (y se corresponden con las líneas semilunares); el pliegue que forman estas almohadillas sobre las crestas ilíacas, llamado línea ilíaca en alguna anatomía artística, y el pliegue inguinal. A todos estos rasgos hay que añadir el arco redondo del abdomen o arco griego de la estatuaria clásica que corona las dos tiras verticales de lóbulos que forman los músculos rectos.

Cuando hay exceso de grasa abdominal, esta se acumula en las almohadillas laterales, formando las llamadas «asas del amor» en francés (*poignées d'amour*) y «michelines» o «flotador» entre nosotros. Son más frecuentes en los hombres que en las mujeres, porque la grasa se distribuye de forma diferente. Curiosamente, somos los españoles los que utilizamos el nombre de una marca francesa de neumáticos (Michelin) para referirnos a ese acúmulo de grasa. Me dicen mis amigos franceses que la expresión «asa del amor» viene de que se desarrollan con el bienestar que proporciona la vida estable en pareja. En antropología se pellizca este pliegue y se mide su grosor para evaluar la cantidad de grasa corporal del sujeto.

## El émbolo abdominal

Mientras que los rectos mayores forman una capa muscular única en el centro del abdomen, en los flancos hay tres capas musculares superpuestas, aunque todas ellas llegan hasta la línea alba y al ligamento inguinal con sus aponeurosis; estas son láminas de fibras de colágeno, a modo de tendones planos, que sirven para la inserción de músculos anchos como los músculos laterales del abdomen.

La capa más superficial es la del músculo **oblicuo externo** (u oblicuo mayor), que se origina en las costillas y se inserta en el borde

(o labio) externo de la cresta ilíaca hasta llegar a la espina ilíaca anterosuperior («la punta de la cadera»), así como en el ligamento inguinal y en la línea alba. Tiene pues una parte torácica y una parte abdominal. La parte torácica es delgada y moldea las costillas, que se marcan perfectamente al exterior dando relieves que no faltan nunca en las estatuas clásicas. La porción abdominal es la que forma la abultada almohadilla lateral.

La función del m. oblicuo externo es la de rotar el tórax. Precisamente por ser un músculo oblicuo, que va de delante hacia atrás, se produce un efecto curioso: estando la cadera fija el pecho se aleja del músculo contraído, mientras que la espalda hace lo contrario, girando por detrás. Uno de los m. oblicuos mayores funciona como antagonista del otro (el contralateral), a no ser que ambos se contraigan a la vez. Haga giros de tronco ahora con la cadera fija, que es como se deben hacer, y lo entenderá mejor.

El músculo **oblicuo interno** (o menor) constituye la capa intermedia de la musculatura lateral del abdomen, y el músculo **transverso**, la capa más profunda. No es el lugar para tratar con todo el detalle que se merece la ciencia de la anatomía los orígenes e inserciones de estos dos músculos laterales del abdomen, pero al menos los podemos entender funcionalmente en alguno de sus «oficios».

El oblicuo interno de un lado es sinérgico del oblicuo externo contralateral en la rotación del tórax, de modo que se suman los esfuerzos del externo derecho y del interno izquierdo, o del externo izquierdo y el interno derecho. La rotación del tórax en relación con la pelvis, o de la pelvis en relación con el tórax, o más aún la rotación del tórax en una dirección y de la pelvis en la contraria, producen la torsión del tronco, que se retuerce en la región intermedia, la abdominal. Esta torsión del tronco tiene mucha importancia en la marcha humana porque, como veremos un poco más adelante, la cadera y los hombros rotan en direcciones opuestas cuando caminamos, y los brazos acompañan a los hombros con movimientos de péndulo.

El músculo transverso, por su lado, es una verdadera faja muscular y aponeurótica (es decir, de tejido conectivo) que rodea el abdomen tanto por detrás, en la región lumbar, como lateralmente y por delante hasta llegar a la línea alba central. Con los demás

músculos del abdomen y con el diafragma forma la llamada «prensa abdominal», que reduce el espacio de la cavidad abdominal. Veamos cómo.

Cuando el diafragma desciende en una inspiración forzada se comporta como si fuera un émbolo que empuja el aire hacia abajo. Pero es que, además, el émbolo diafragmático se ve reforzado por la contracción del recto mayor al aproximar la caja torácica al pubis. Los tres músculos laterales del abdomen (m. oblicuo externo, m. oblicuo interno y m. transverso) colaboran a su vez en el aumento de la presión interna reduciendo el espacio con la compresión circular que ejercen sobre la cavidad abdominal. Esta prensa abdominal se activa para orinar y para defecar, pero también puede participar durante el parto en la fase de expulsión, uniéndose a las contracciones del útero. Así que es muy importante.

Hemos añadido un elemento más a nuestro estudio del cuerpo como una máquina formada por máquinas. Además de articulaciones, cuerdas, muelles, péndulos, poleas, palancas y bombas hidráulicas, resulta que también tenemos émbolos.

## El *Hércules gaditano*

Cerca de la ciudad de Cádiz se encontraba uno de los santuarios más famosos de la Antigüedad, fundado por los fenicios y después ampliado por los romanos. Fue muy larga su existencia, que terminó con el decreto del emperador Teodosio en el año 380, que prohibía todos los cultos que no fueran el cristiano. Grandes personajes, como Aníbal, Julio César y el emperador Adriano, lo visitaron. Los fenicios lo dedicaron a su dios Melkart (la principal divinidad de Tiro), que los griegos y los romanos identificaron con el héroe Hércules, muy asociado al estrecho de Gibraltar. Este complejo religioso dedicado a Hércules, o Herakleion, estaba situado en la zona del actual islote de Sancti Petri, pero los terremotos y los cambios en la geografía del litoral lo hicieron desaparecer. Aun así, en ocasiones los pescadores arrastran restos arqueológicos en sus redes o en sus anclas. Encima de mi mesa tengo una copia fiel de una escultura de bronce que salió del mar. Se trata de un exvoto de tamaño pequeño (cabe en una mano) que alguien en época romana ofrendó al templo. Es una figura

masculina con barba. Lleva grabadas las letras que lo identifican: HG (*Hércules gaditano*). Aunque no tiene el mismo detalle que una escultura grande, se pueden ver en él, a grandes rasgos, las características principales de la escultura masculina clásica que yo he contado aquí. Eso incluye, por cierto, unos grandes, enormes, glúteos con su concavidad lateral bien marcada a la altura del trocánter mayor, y un pene pequeño, que no sobrepasa el escroto.

## Budas negros en la selva africana

Una buena pregunta es la de si los chimpancés y otros grandes simios lucen también unos *abdominales* como los de los atletas humanos. Teniendo en cuenta la cantidad de ejercicio que hacen —la selva es un gran gimnasio, no cabe duda— habría que esperarlo así. Se pasan todo el día por las ramas.

Esta consideración es importante a la hora de reconstruir a los primeros homininos. ¿Deberíamos representar a los australopitecos como si fueran unos diadúmenos bajitos y peludos? ¿Marcarían (los machos al menos) las tabletas, almohadillas laterales y cinturones de Adonis que buscan nuestros futbolistas para poder quitarse la camiseta cuando meten un gol (los defensas lo tienen más difícil, pero también encuentran la ocasión), o como hacen tantos *colectivos* de señores que posan descamisados en los calendarios navideños llamados *benéficos*? Lo cierto es que el pelo de los chimpancés y el que se les pinta a los australopitecos (aunque este sea más ralo) tapa gran parte del cuerpo y resuelve el problema. Pero yo me quedo con la duda: ¿habría orangutanes, gorilas y chimpancés *clásicos*, si los viéramos *desnudos*?

En paleontología humana se mira mucho a las especies actuales, por más que su objeto de estudio sean huesos y dientes viejos. Esta es una técnica que se utiliza en paleontología en general, y se conoce como actualismo. Consiste en observar patrones en las especies que componen la biosfera actual y aplicarlos a las biosferas del pasado.

Ahora mismo vamos a ver un ejemplo de actualismo, pero la idea central, que yo trato de inculcar a mis alumnos, es la de que para estudiar la evolución humana hay que ser un buen geólogo y un buen ecólogo, además de un buen etólogo (estudioso del comportamiento animal), y por supuesto un buen anatomista, un buen zoólogo y un

buen botánico, entre muchas otras cosas. «¿De verdad que tenemos que aprendernos las rocas y las plantas?», me preguntan mis alumnos cuando los llevo a ver un yacimiento. Desde luego, y por dos razones, les contesto: en primer lugar porque es un placer interpretar el paisaje, y en segundo lugar porque precisamente de eso se ocupa la paleontología, del estudio de las especies fósiles en los ecosistemas de los que formaron parte. Algún día lo comprenderán.

Hablando de reglas de la biología, resulta que existe una relación muy estrecha entre el tamaño del tubo digestivo y la calidad del alimento. Por calidad se entiende la densidad energética del mismo, la cantidad de calorías que encierra por unidad de peso (calorías en cien gramos, por ejemplo). Para que se entienda, lo que nosotros llamamos verduras —o sea, las partes verdes de las plantas— tienen mucha fibra y por lo tanto poca calidad como alimento, mientras que las frutas con mucho azúcar, los frutos aceitosos (oleaginosos), los órganos de reserva subterránea (llenos de fécula) y la carne (con su grasa) son productos de mucha calidad alimenticia. Lógicamente, tienen mucha densidad energética todos aquellos alimentos que no se recomiendan para adelgazar (es decir, lo que contiene abundancia de grasa o fécula).

Y como habrá adivinado, los carnívoros tienen tractos gastrointestinales más pequeños que los herbívoros, porque sus alimentos son más fáciles de digerir que los que contienen mucha fibra vegetal. Los omnívoros se quedan entre medias.

El actualismo debería empezar por la especie humana actual, pero ya sabemos que nosotros estamos muy *domesticados* y comemos muchos alimentos producidos por nosotros mismos. Nos vemos obligados por lo tanto a recurrir a los últimos pueblos de cazadores y recolectores para hacernos una idea de lo que comían los antiguos *Homo sapiens*. Pues bien, resulta que la mayoría de los cazadores y recolectores obtienen más de la mitad de sus calorías de la caza, aunque hay variaciones dependiendo del hábitat, y por lo tanto del clima. No hay plantas que comer en Groenlandia, y por eso los inuits, que viven allí, eran casi totalmente carnívoros.

Podemos poner en cifras la reducción gastrointestinal (estómago e intestinos) que distingue a nuestra especie del resto de los primates superiores. Se ha calculado que nuestro tracto gastrointestinal pesa poco más de la mitad (60 %) de lo que le corresponde a un primate

superior de nuestro tamaño corporal.

En cuanto a la composición del tubo digestivo podemos encontrar diferencias marcadas entre los mamíferos. En los carnívoros domina el intestino delgado. En los folívoros, que son los comedores de hojas y otras partes verdes de las plantas, se desarrolla el estómago en unos y el ciego y el colon en otros. Y los frugívoros o comedores de frutos tienen una organización intermedia.

Los primates en general no están muy especializados en la comida, ya que son omnívoros. Una excepción son los monos colobinos, que son folívoros y han desarrollado un gran estómago con varias cámaras. Y la otra excepción somos nosotros, con nuestro tracto gastrointestinal pequeño. Pero no es solo una cuestión de tamaño, sino también de estructura: muestro intestino delgado es grande y nuestro colon, pequeño.

El ser humano puede sintetizar todos los ácidos grasos excepto dos ácidos grasos poliinsaturados, que se llaman por eso esenciales, ya que se obtienen solo con la comida: el ácido linoleico y el ácido linolénico. Estos ácidos grasos esenciales son, por otro lado, necesarios para la formación y correcto funcionamiento de las neuronas. Hay quien dice que el cerebro humano no podía crecer evolutivamente dependiendo solamente de los ácidos grasos esenciales que nos aportan los vegetales, que es una cantidad limitada. El consumo de productos animales, dicen, vino a solucionar el problema, ya que esos ácidos grasos se encuentran en el cerebro, hígado, músculo y grasa de los mamíferos.

Ahora volvemos al *canon de belleza* de los grandes simios. Están disponibles en la red abundantes imágenes y grabaciones de vídeo de dos chimpancés (padre e hijo) alopécicos que nos permiten apreciar lo musculados que están estos casi hermanos nuestros. Son literalmente puro músculo. Pero no lucen los surcos, pliegues y bultos abdominales que vemos en tantos seres humanos.

La razón seguramente está en que el tubo digestivo de los grandes simios es mucho más largo que el humano, dado que su alimento es vegetal y tiene un componente de fibra muy importante, tanto en la fruta como en las hojas y tallos verdes que consumen. A eso se suma que en los grandes simios la caja torácica está más cerca de la pelvis que en cualquier otro primate (incluidos los humanos, como tendremos ocasión de comentar más adelante), porque su

columna lumbar (la parte lumbar de la columna) es más corta, con lo que hay poco espacio en la cavidad abdominal para tanta tripa.

El resultado es que los grandes machos de gorila muestran la barriga de los budas felices. Pero no es una barriga hecha de grasa subcutánea como la curva de la felicidad o barriga cervecera de los machos humanos (lo que los ingleses llaman *pot-belly*), sino que es producto de la distensión de la pared abdominal por el gran volumen que ocupan las tripas, por los gases de la digestión y por el poco espacio del que disponen en una cavidad abdominal que se ha acortado.

Los australopitecos eran también vegetarianos, aunque su dieta tenía que ser distinta porque no vivían siempre en una selva húmeda cerrada y oscura, sino que se movían por hábitats más variados e iluminados (mosaicos ecológicos). Por otro lado, sus muelas (incluyo premolares y molares en el término) eran más grandes y con el esmalte más grueso que el de los actuales chimpancés, mientras que sus incisivos y caninos eran más pequeños, lo que quiere decir que su dieta no era la misma y seguramente tenía más densidad energética. De donde se puede deducir que su tubo digestivo sería algo más corto, aunque no tanto como el de cualquier persona. Dejo para más adelante el tema de la distancia entre el tórax y la pelvis en los australopitecos y las dimensiones de su cavidad abdominal.

Nuestra anatomía abdominal única (nuestro *canon*) puede remontarse al cambio de dieta que se produjo en el tránsito entre los australopitecos y el *Homo erectus*, momento en el que se incorpora la carne a la alimentación al mismo tiempo que se desarrolla la tecnología lítica, que permite abrir y trocear el cuerpo de un herbívoro, llevando a cabo las operaciones de cortar la piel, desarticular los miembros, descarnar los huesos, extraer el cerebro y obtener el tuétano. Y no hay que olvidar que la tecnología sirve también para obtener alimento vegetal de calidad y procesarlo.

## Las madres siempre tienen razón

Sin embargo, no parece que estemos adaptados a comer carne y vegetales crudos los humanos de hoy. Los partidarios del «crudivorismo» no engordan, sino todo lo contrario, y además se

produce amenorrea en un alto porcentaje de mujeres, lo que hace imposible que conciban. Esta evidencia nos obliga a preguntarnos: ¿cómo tenían hijos nuestras antepasadas antes de que cocináramos los alimentos?

Una posible respuesta a este interrogante la proporciona Richard Wrangham en su libro *En llamas* (2009): nosotros los seres humanos estamos adaptados biológicamente (darwinianamente, podríamos decir) a la comida cocinada. Eso quiere decir que nuestros genes se corresponden con nuestro nicho cultural, que los ha seleccionado. Por eso obtenemos más calorías de la comida procesada por medio del fuego —directamente o a través de la cocción— que del alimento crudo. Esta es una hipótesis a investigar en los laboratorios de fisiología de la digestión, por lo que se la puede considerar plenamente científica. Una hipótesis se tiene por científica cuando existe una manera de ponerla a prueba. En otro caso no pasa de ser una mera conjetura que, eso sí, puede aspirar a convertirse en una hipótesis científica cuando se encuentre la forma de contrastarla. Tal vez entonces apruebe el examen, o tal vez no, como todas las hipótesis científicas. De momento, Richard Wrangham considera que va superando las pruebas, ya que nos alimenta más la comida cocinada que la cruda.

A decir verdad, incluso los animales parecen preferir la comida que ha sido previamente calentada, y usted mismo puede obtener pruebas experimentales de sus perros o sus gatos. ¿Qué les gusta más, la comida cocinada o la cruda? Ahora bien, los carnívoros domésticos pueden también vivir a base de alimentos crudos sin que se resienta su salud, mientras que nosotros ya no, de acuerdo con esta teoría. Nuestro tracto gastrointestinal reducido podría estar adaptado a una digestión facilitada por la tecnología del fuego, que requiere menos gasto energético porque se asimila mejor el alimento calentado que el natural.

Desde cuándo dependemos del fuego para alimentarnos es la gran cuestión. Los dientes nos podrían dar una clave porque es en *Homo erectus* donde se observa una reducción importante del tamaño de las muelas. ¿Consumían ya alimentos ablandados y de fácil digestión? Una gran ventaja de los alimentos cocinados es que reducen muchísimo el tiempo dedicado a masticarlos, que se puede invertir en obtener más comida o en las relaciones sociales. Los chimpancés, por

ejemplo, se pasan horas masticando la comida, como también harían los australopitecos: esas muelas grandes y de grueso esmalte que tenían estaban hechas para triturar semillas, granos y nueces (tal vez también geófitos: tubérculos, rizomas, raíces y bulbos). Los gorilas, cuya alimentación es en general más fibrosa que la de los chimpancés (porque consumen menos frutas y más *verdura*), todavía dedican más tiempo a comer. Por eso se mueven menos, sus territorios son más pequeños y socializan menos. Les falta tiempo.

Nuestras madres nos decían que masticáramos bien la comida, pero se referían a unos cuantos mordiscos por cada trozo de carne, no a media hora. En realidad necesitamos poco tiempo para la predigestión que se lleva a cabo en la cavidad oral y la mesa se ha convertido desde la prehistoria en un acto social. Comemos para alimentarnos pero también para relacionarnos.

Como siempre habíamos pensado en el fuego como una tecnología para calentarnos, iluminarnos, socializar o ahuyentar las fieras, este nuevo enfoque del fuego al servicio de la alimentación abre perspectivas interesantes (y divertidas, que es lo mismo).

El problema está en el registro arqueológico del fuego, que es abundante desde hace un cuarto de millón de años y muy escaso antes. Es decir, los neandertales y los cromañones hacían fuego continuamente, la tecnología del fuego era una parte muy importante de sus vidas, pero ¿y las especies anteriores?

La hipótesis de la coevolución entre la cultura y los genes exige que se haga un uso intensivo de la tecnología para que ejerza una gran presión de selección sobre los genes. Un uso esporádico de una tecnología es irrelevante a efectos de evolución biológica. Hace falta una selección permanente, generación tras generación, sobre todos los individuos. Es lo que pasa con las presiones de selección ecológicas. Suponemos que el cambio de la dentición de los australopitecos refleja un cambio de nicho evolutivo importante respecto de los ardipitecos. Para que la reducción de las muelas en el *Homo erectus* fuera el resultado de una selección intensa ejercida por la preparación de la comida por medio del fuego se necesitaría un uso casi cotidiano del mismo, y de eso (del uso habitual) no hay ninguna prueba antes de los neandertales y de nuestra especie.

De todos modos, sigo dándole vueltas a la idea porque no es descabellada. Tenemos un caso probado, aunque mucho más reciente,

de la acción de la selección cultural sobre la genética humana. La mayor parte de los europeos y algunos pueblos africanos son tolerantes a la leche de adultos, mientras que el resto de los seres humanos y la totalidad de las demás especies de mamíferos no lo son. Y eso se debe a que las personas tolerantes tienen una serie de genes mutados, aunque no son los mismos genes en los europeos y en los africanos. En ambos casos, en unos antepasados ganaderos de hace miles de años se vieron favorecidas unas mutaciones que permitían a sus portadores seguir alimentándose de leche animal después de haber dejado de hacerlo de la leche materna. A esos mutantes les fue mejor que a los demás miembros de su comunidad porque estaban mejor nutridos. Por eso tuvieron más hijos y sus descendientes aún siguen bebiendo leche de mayores.

No todos los pueblos de la Tierra bebemos leche de adultos, pero todos cocinamos los alimentos utilizando el fuego. El fuego ha proporcionado también la energía necesaria para la tecnología industrial. Con el fuego se han manejado los ecosistemas seguramente desde el Paleolítico. El fuego, no cabe duda, es inseparable de la especie humana.

*Discóforo*. Taller romano. Museo del Prado.

# NUESTRA MUY QUERIDA TEORÍA

*Lo que le voy a pedir ahora es muy sencillo. Póngase de pie, y con los dedos recorra el borde superior de las caderas, es decir, las dos crestas ilíacas. Ya sabe que terminan por delante en dos picos que se llaman espinas ilíacas anterosuperiores, una a cada lado de la hebilla del cinturón. Pero la separación entre esos picos no es la máxima anchura de la pelvis, que está más atrás, hacia la mitad de las crestas ilíacas, en su punto más alto. Esta anchura se llama en antropología diámetro bicrestal. Ahora imagine que su cuerpo es un cilindro como usted de alto, desde la cabeza hasta los pies. Pues bien, el diámetro bicrestal nos daría la anchura del cilindro. También los hombros están inscritos en ese cilindro, pero es más difícil reconstruir la anchura de los hombros de una especie fósil. El equipo de la Sima de los Huesos de Atapuerca que dirijo sostiene desde hace años la teoría de que de todas las especies de la evolución humana la nuestra ha sido la de cilindro corporal más estrecho. Los cilindros corporales estrechos tienen tres características notables en relación con los cilindros corporales anchos. Primera, disipan mejor el calor en climas cálidos y secos. Segunda, permiten una locomoción más eficiente, es decir, con menos gasto energético. Tercera, dificultan el parto.*

## Historia natural de la grasa del cuerpo

Como sabe todo el mundo, para poder lucir unos buenos *abdominales* hay que reducir al mínimo la grasa corporal, porque un lugar donde se deposita en los varones es precisamente la tripa, de manera que el panículo adiposo subcutáneo los recubre y hace desaparecer de la vista, aunque naturalmente los m. rectos siguen ahí (es un consuelo). No creo que fuera muy común en el Paleolítico esa falta completa de grasa, porque el desayuno del día siguiente no estaba asegurado ni mucho menos en aquellos remotos tiempos. Una gran parte de los seres humanos vivimos, afortunadamente, en un mundo en el que ya

no tememos pasar hambre el día siguiente, por lo que no necesitamos transportar las reservas de energía en nuestro propio cuerpo. Ahora las guardamos en la nevera, y por eso podemos permitirnos reducir nuestro porcentaje de grasa muscular al mínimo.

Como mamíferos que somos, nuestra única forma de almacenar energía en grandes cantidades es por medio de las grasas, porque la otra molécula energética, los hidratos de carbono, solo se puede acumular en pequeña cantidad en nuestro cuerpo en forma de glucógeno, y duran poco tiempo en caso de esfuerzo intenso y prolongado. La razón es que los ácidos grasos se *empaquetan* sin agua, mientras que el glucógeno la necesita, y por eso la misma cantidad de energía pesa más.

Las fotos de los cazadores y recolectores modernos del desierto o del ártico, o de los horticultores que practican una agricultura a pequeña escala de roza y quema en las selvas (con algunos animales domésticos), o de los ganaderos nómadas, o de algunos pueblos sin escritura, nos muestran unos jóvenes fuertes y musculados con unos cuerpos fibrosos y saludables.

Para escribir estos párrafos he estado revisando imágenes de papúas en Nueva Guinea, que siempre me han parecido muy fuertes, o las famosas fotografías de los nubas que realizara Leni Riefenstahl. Hay desde luego algunos individuos espectaculares, auténticos diadúmenos, que se aproximan al canon griego en los surcos y pliegues del abdomen.

Si ahora pasamos del *Diadúmeno* a la *Afrodita del delfín* encontraremos que los *abdominales*, la almohadilla lateral, el cinturón de Adonis y el arco griego han desaparecido. En la estatuaria clásica los músculos de las mujeres están prohibidos.

La grasa subcutánea se acumula en lugares diferentes en los hombres y en las mujeres, por lo que suele decirse que a los primeros les da forma de manzana (engorda la barriga) y a las mujeres de pera (engordan los muslos, caderas y glúteos). No es el caso en absoluto de la *Venus del delfín*, que es muy esbelta y elegante, pero de todos modos no tiene los rasgos del *Diadúmeno* en el torso, y si los tuviera nos llamaría mucho la atención porque se alejaría del canon femenino griego. La *Afrodita agachada* del Prado está menos estilizada que la del delfín y se le adivina más grasa subcutánea, pero la distribución es puramente femenina.

Ha llegado quizás el momento de hacer una pequeña historia natural de la grasa del cuerpo, algo que preocupa mucho en Occidente, tanto por razones de salud como de belleza.

Una científica estadounidense llamada Adrienne Zihlman lleva muchos años defendiendo la teoría de que los bonobos son el mejor modelo viviente que tenemos para imaginar cómo eran nuestros primeros antepasados. No es que descendamos de los bonobos, por supuesto, sino que esta línea evolutiva habría llegado hasta el día de hoy con menos cambios que los chimpancés comunes y que los humanos, siempre al decir de Zihlman. Los bonobos serían un *análogo viviente* del antepasado común de chimpancés, bonobos y humanos (LCA), una especie de máquina del tiempo.

Pero lo que nos interesa ahora es un estudio del año 2015 en el que Adrienne Zihlman y Debra Bolter separan con el bisturí en la mesa de disección músculos, grasa, piel y huesos de trece bonobos de ambos sexos y los pesan para compararlos con los datos publicados para nuestra especie.[1]

En otro sitio nos sorprendíamos de lo rollizos que están nuestros bebés comparados con los lactantes de los grandes simios. Siempre me ha llamado la atención la manera en la que representaban los pintores del Renacimiento y del Barroco al Niño Jesús y a su primo san Juanito, siempre tan gordezuelos y llenos de *michelines* por todo el cuerpo.

Podemos ahora dar algunas cifras, y merece la pena porque son asombrosas.[2]En el recién nacido humano la grasa corporal representa el 16 % del peso, y llega a ser la cuarta parte del peso a los dieciocho meses. Para que se entienda lo que representan estas cifras, en los mamíferos terrestres en general la grasa corporal de los recién nacidos es un porcentaje mínimo, del 3 % en los papiones, por ejemplo.

La participación del cerebro en el metabolismo basal es enorme al principio de la vida humana, casi del 90 %, y a los dieciocho meses es todavía la mitad del *presupuesto* energético del cuerpo. Parece evidente que hay una relación entre estas dos variables. Aclaro que por tasa de metabolismo basal se entiende la cantidad de calorías que necesita un individuo en reposo y a una temperatura agradable. Cuando hay actividad física la cantidad de calorías necesarias puede dispararse, así como para mantener el cuerpo caliente en un ambiente frío.

Mientras el cerebro del niño crece aceleradamente necesita mucha energía y es conveniente disponer de una reserva energética por si no hay suficiente con la leche y con los alimentos sólidos y líquidos que a partir de los seis meses se añaden a la alimentación infantil. Nuestra especie se diferencia de los grandes simios también en el acortamiento del periodo de lactancia, que en poblaciones no occidentales (como se solía decir) cesaba entre los dos y tres años, mientras que en los grandes simios puede llegar hasta los cinco años.

A los cinco años el cerebro humano todavía *gasta* casi la mitad del *presupuesto* metabólico, pero el porcentaje de grasa corporal es parecido al del adulto. Los niños ya no nos parecen gorditos, pero sí cabezones.

También los adultos humanos, no solo los bebés, tienen mucha más grasa corporal que los adultos de los bonobos, lo que no deja de ser sorprendente, puesto que estamos muy cercanos evolutivamente.

En realidad, sería mejor decir que los bonobos macho no tienen nada de grasa corporal y se acaba antes. Eso quiere decir que si no lucen buenos *abdominales* (como me parece apreciar, pero puede que me equivoque) no será porque estén recubiertos de panículo adiposo, sino por la distensión de la pared abdominal que produce un tubo digestivo mucho más voluminoso que el humano.

En las hembras de los bonobos el porcentaje de grasa corporal parece que es algo mayor durante el embarazo y la lactancia, lo que indicaría que esas reservas de energía están relacionadas con la reproducción. Es decir, no son para ellas, sino para sus crías. Fuera de estas situaciones la grasa corporal estaría por debajo del 5 % del peso.

En una revisión reciente[3]sobre las comunidades humanas pequeñas que viven de la caza y recolección o de la agricultura y ganadería de subsistencia se llega a unas cifras de grasa corporal que podemos considerar como las propias de la especie humana: en torno al 25 % en las mujeres y al 15 % en los hombres, con ligeras fluctuaciones. La obesidad en estas poblaciones es baja, inferior al 5 %, como debía de ser en nuestros antepasados. Por eso sorprenden tanto las figurillas femeninas del Paleolítico superior europeo conocidas como venus paleolíticas, que muestran sin la más mínima duda la distribución de la grasa propia de las mujeres obesas en la tripa, caderas y muslos. Es seguro por lo tanto que los autores de estas esculturas habían visto mujeres obesas, por muy raras que fuesen en

sus comunidades.

Las diferencias sexuales en grasa subcutánea en los humanos tienen que ver, como en el caso de los bonobos, con la reproducción (ovulación, gestación, lactancia). Ya hemos establecido en otro lugar la relación que existe entre dar de mamar y los lípidos que necesita el cerebro del recién nacido para crecer aceleradamente (a un ritmo fetal) durante el primer año de vida fuera del útero.

Es muy llamativa por lo tanto la diferencia entre la grasa de reserva de los bonobos y la de los humanos, que parece representar una característica de especie. Los bonobos no almacenan grasa apenas, mientras que los humanos lo hacen siempre. La interpretación de Zihlman y Bolter es que nuestros antepasados empezaron a acumular energía en forma de grasa corporal una vez que salieron de la selva húmeda para moverse por territorios cada vez más amplios, llevando una vida en la que los aportes de alimentos eran irregulares y escaseaban por temporadas.

En efecto, hay una relación muy directa entre la calidad energética de un tipo de alimento y su dispersión. Los alimentos pobres calóricamente y con mucha fibra (celulosa) se encuentran en gran abundancia en forma de hierbas, tallos, hojas, brotes. Son un recurso continuo en el territorio y en el tiempo. Sin embargo, los alimentos de gran poder calórico resultan difíciles de conseguir, a menudo son de temporada (o sea, estacionales) y se encuentran dispersos por el campo. Pensemos en los frutos azucarados, los frutos grasos con cáscara, los órganos de reserva subterránea de determinadas especies de plantas (llamadas geófitos) y la caza. Por la misma razón de la dispersión de los alimentos de más densidad energética, los territorios de las especies que se alimentan de ellos son más amplios, y los animales que los explotan tienen que recorrerlos continuamente. Son por lo tanto recursos alimenticios menos previsibles.

La especie en la que pudo darse el cambio es el *Homo erectus*, cuando las piernas se alargaron, y con ellas la zancada y el viaje. Yo suscribo con entusiasmo esta tesis porque creo que los humanos actuales somos la forma más acabada de una línea de grandes simios que se especializaron en recorrer grandes distancias. Somos los simios caminantes.

También se podría poner en relación el tamaño del cerebro con

las reservas energéticas en forma de tejido adiposo. El consumo de energía de nuestro cerebro es enorme, y representa una porción mayor del metabolismo basal que en cualquier otra especie viviente. El cerebro humano se alimenta de glucosa, que se acumula solo en cantidades pequeñas en el cuerpo, como está dicho ya. Cuando se agota y no se dispone de alimento, se recurre a los llamados cuerpos cetónicos, que son derivados de los ácidos grasos (aunque también se produce glucosa en el hígado en los periodos de hambre). Como en el *Homo erectus* el tamaño del cerebro doblaba al de los grandes simios vivientes cabe pensar que ya existiría la necesidad de disponer de una reserva de grasa, que los grandes simios no necesitan porque su alimento siempre está disponible.

De ser esto así, los tejidos adiposos de los australopitecos no superarían mucho en volumen a los de los chimpancés, nuestros parientes más cercanos. Todas las variables apuntan en esa dirección. Su cerebro no era mucho mayor, para empezar, ni su alimentación muy diferente. Su ecología tampoco había cambiado radicalmente, y podemos seguir considerándolos especies forestales, aunque ya no vivieran exclusivamente en la selva húmeda y su hábitat fuera más variado y su territorio más amplio.

## Simios de piel fina

De los músculos y de cuáles son las proporciones entre las extremidades superiores e inferiores ya hablamos en su momento, citando este mismo estudio de Zihlman y Bolter. En él se dice que el porcentaje del peso corporal que representan los huesos en humanos y chimpancés es prácticamente el mismo y se sitúa en el entorno del 13 %.

Sin embargo, cuando se descubrieron los primeros neandertales en el siglo XIX llamó la atención el grosor de las paredes de los huesos, tanto los del cráneo como los de las extremidades, los llamados huesos largos. Un neandertal puede ser distinguido de un humano moderno solo por el grosor de las paredes del fémur, por ejemplo. Pero los neandertales no son el único ejemplo de huesos engrosados, también los tiene el *Homo erectus*, por lo que parece ser una característica desarrollada por esta última especie fósil que luego heredaron sus

descendientes los neandertales, pero también los antepasados de los humanos actuales, a los que podemos llamar informalmente presapiens.

Hay un trabajo muy interesante de José Miguel Carretero y colegas[4]en el que se investiga por primera vez el volumen de hueso en una especie fósil gracias al extraordinario material de la Sima de los Huesos de Atapuerca, que pertenece a una población que se sitúa en la evolución humana en una etapa que podemos calificar como preneandertal. El estudio se basa en tres fémures y dos húmeros completos y la conclusión es que el esqueleto de aquellos preneandertales era un tercio más pesado que el de la humanidad actual.

Lo cierto es que todavía no se sabe por qué en la evolución humana los huesos se engrosaron en *Homo erectus* y se adelgazaron en *Homo sapiens*. Cuando se pregunta el porqué de un rasgo un paleontólogo o un biólogo evolutivo lo que quiere saber es cuál es su valor adaptativo, si es que lo tiene (aunque se parte de la base de que lo tiene). Obviamente los huesos finos son más frágiles que los gruesos, aunque también más *económicos* a la hora de formarlos. Volveremos sobre la cuestión del peso corporal en la evolución humana, pero ya vamos viendo que tanto nuestros antepasados como los neandertales, que fueron nuestros contemporáneos durante mucho tiempo (hasta que se extinguieron), eran más fuertes y pesados que nosotros, y por lo tanto menos eficientes a la hora de recorrer largas distancias.

Hemos considerado ya los músculos, la grasa y los huesos, y nos falta por revisar el otro gran componente del cuerpo humano, que es el más visible: la piel.

Los humanos somos unos simios de piel fina. En nuestra especie la piel solo representa el 6 % del peso, mientras que en los otros grandes simios africanos (nosotros somos parte del grupo) el porcentaje es el doble en cifras redondas. Pero no es esa la única diferencia que nos importa. Las glándulas sudoríparas de la piel humana son sensibles al calor, tanto el que viene de fuera como el que se genera interiormente por la actividad muscular, y las de nuestros parientes africanos no. El resultado es que los simios no pueden exponerse al sol en las horas centrales del día, mientras que nosotros disponemos de un mecanismo fisiológico que refresca nuestra piel por

medio de las gotas de sudor, que al evaporarse roban calorías a la superficie corporal. De este modo hemos conseguido mantener nuestro cuerpo, y muy en particular nuestro cerebro, a una temperatura constante incluso al sol. Eso sí, necesitamos beber porque los alimentos no contienen suficiente agua para compensar la que se pierde diariamente por diferentes vías (sudor, respiración, orina, tubo digestivo). Es difícil dar valores porque todo depende del ejercicio y de la humedad y temperatura ambientales, pero de los dos litros y medio que puede perder una persona adulta en condiciones basales (es decir, estando tranquilo a una temperatura agradable) el sudor puede representar medio litro. Ahora bien, es de todos sabido que, si hacemos mucho ejercicio en un ambiente cálido y húmedo, la necesidad de rehidratarse aumenta mucho.

En consecuencia, podemos decir que abandonamos la cerrada oscuridad del bosque y empezamos a frecuentar los claros en la época de los australopitecos, pero no empezamos a ver a lo lejos el horizonte hasta la del *Homo erectus*. Desde entonces podemos viajar mucho pero no podemos separarnos demasiado tiempo del agua so pena de deshidratarnos.

## Nuestra teoría

Hasta ahora he hablado de porcentajes del peso corporal para los diferentes tejidos. En su momento hablaremos de la anatomía de nuestro cerebro, que aunque es por lo general de un peso inferior a un kilo y medio representa un porcentaje del peso del cuerpo claramente mayor que en nuestros parientes los grandes simios. Aprovecho para decir que en este libro en muchas ocasiones utilizo el término «cerebro» cuando en rigor debería decir encéfalo. El cerebro es la mayor parte del «encéfalo», pero también están el cerebelo y el tallo cerebral dentro del cráneo. Cuando se habla del peso o del volumen del cerebro en la evolución humana se incluye todo, porque lo que podemos medir en un fósil solo es el espacio, el volumen, que queda dentro del cráneo, y esa cavidad endocraneal engloba todo el encéfalo: el cerebro (que es la mayor parte), el cerebelo (que lo sigue en tamaño) y el tallo del cerebro o tronco encefálico.

Si equiparamos el cuerpo humano a un cilindro, para calcular su

peso necesitamos dos parámetros: el diámetro del cilindro y su altura. Para medir el diámetro utilizamos una región anatómica que ya conocemos muy bien: la cresta ilíaca, que forma el borde superior de la pelvis mayor o pelvis falsa. La anchura del cilindro corporal se toma pues debajo de la almohadilla lateral, en el pliegue que está tan marcado en las esculturas masculinas clásicas (pero que es más difícil de ver en las mujeres).

Pues bien, sobre la historia evolutiva de esta anchura bicrestal (entre las dos crestas ilíacas) hay polémica, que yo creo que está resuelta por las investigaciones que se han llevado a cabo en la amplísima colección de fósiles humanos de la Sima de los Huesos en la Sierra de Atapuerca, entre los que destaca una pelvis completa que permite tomar todas las medidas. Y en eso es única en el mundo.

La polémica nace con la observación de que los neandertales tenían un tronco ancho, es decir un cilindro corporal con un gran diámetro transversal. Para decirlo más claramente, un neandertal tendría una anchura bicrestal superior a la suya y a la mía, incluso aunque fuera más bajo, en el caso de que lo fuera, porque no eran tan bajos como se suele creer. El promedio neandertal masculino de estatura llegaría casi a los 170 centímetros y el femenino rondaría los 160 centímetros.

Ya hemos dicho antes que en los neandertales eran cortos los segmentos distales de los miembros superior e inferior, es decir, los huesos de las piernas y de los antebrazos: las tibias y los peronés, y los cúbitos y los radios.

También apuntamos en su momento que las proporciones entre la pierna y el muslo se parecían a las que encontramos en las poblaciones humanas actuales que viven en regiones frías, y que podía considerarse por ello que los neandertales estaban adaptados a los climas subárticos. Señalamos entonces que la especie humana seguía en esto un patrón biogeográfico que se observa en las poblaciones de muchas otras especies de mamíferos. Su nombre es el de regla de Allen.

Para el tronco hay otra regla biogeográfica, que se llama regla de Bergman y dice que, en las especies de mamíferos que tienen una distribución geográfica amplia, las poblaciones que viven en las regiones más alejadas del Ecuador tienden a tener troncos más voluminosos. Esa regla de Bergman se aplica también a las

poblaciones humanas. En las latitudes altas el peso medio de las poblaciones es superior al peso medio de las poblaciones de las latitudes bajas.

Si repasa los dos párrafos anteriores se dará cuenta de que estas reglas biogeográficas, la de Allen y la de Berman, se aplican a las diferentes poblaciones dentro de la misma especie. Es verdad que también pueden, en ocasiones, compararse diferentes especies, siempre que estén muy relacionadas entre sí evolutivamente (muy emparentadas); por eso nos permitimos comparar a los neandertales con las poblaciones modernas, como hacemos cuando comparamos al mamut con los elefantes.

Pero podría darse el caso de que los neandertales tuvieran un tronco ancho simplemente porque han conservado el tipo corporal arcaico de todas las especies anteriores, y que seamos los humanos modernos los que hayamos estrechado el cilindro corporal, por razones climáticas o biomecánicas. En efecto, el *Homo sapiens* se originó en África, de eso no cabe duda, donde un cilindro corporal estrecho habría aumentado la relación superficie/volumen, que es lo que se necesita cuando lo que se *quiere* es perder calor a través de la piel. En los climas fríos interesa lo contrario: conservar el calor corporal.

Además, una pelvis estrecha aproxima los acetábulos de las dos caderas, y eso supone una ventaja biomecánica porque reduce el brazo de la resistencia, como espero que recuerde el lector de cuando comparé el mecanismo de la abducción de la cadera con una palanca de primer grado, tipo balancín. Por cualquiera de las dos razones, termorregulación o biomecánica, o por las dos juntas, los humanos modernos somos de caderas estrechas.

Podemos echar ahora un vistazo a las pelvis de los fósiles anteriores a los neandertales y a los humanos modernos para ver si los neandertales han ensanchado el cilindro corporal para conservar el calor en los climas fríos, o ya lo tenían ancho sus antepasados y hemos sido nosotros los que lo hemos estrechado para enfriar el cuerpo a través de la piel en los climas cálidos y secos, y al mismo tiempo andar más eficientemente, con el resultado de una mayor dificultad en el parto.

Esta última es mi teoría y la de mi grupo de investigación de la Sima de los Huesos de Atapuerca, y estamos muy orgullosos de ella

porque supone un giro copernicano en la manera de entender la evolución del cuerpo humano, ni más ni menos. Nosotros decimos exactamente lo contrario de lo que se ha venido defendiendo. Y creemos que el tiempo nos está dando la razón.

Pero veamos lo que dicen los fósiles. Voy a examinar el registro con detalle. Puede que le resulte prolijo este repaso, pero es necesario hacerlo así porque hay mucho en juego y me gustaría que juzgara por usted mismo quién tiene razón en esta controversia científica.

## Lo que dicen los fósiles

Empecemos por los australopitecos. Hay seis individuos que pueden proporcionar información sobre la anchura de las caderas. Cinco proceden de cuevas sudafricanas. El sexto es la famosa Lucy, que viene de Etiopía. Vamos a verlos.

La anchura bicrestal puede medirse directamente en tres esqueletos bastante completos. Uno es Lucy, el segundo lleva la sigla MH2 y es del yacimiento de Malapa (su apodo es Issa) y el tercero está etiquetado como Sts 14 y se encontró en Sterkfontein. Los tres individuos supuestamente son hembras, y de los tres hemos hablado a propósito del origen del parto rotacional que caracteriza a los actuales humanos.

Para valorar adecuadamente la anchura de las caderas se puede recurrir al diámetro del acetábulo como un indicador del peso del cuerpo, que en un bípedo se transmite por el acetábulo a la cabeza del fémur. A mayor peso del cuerpo, mayor tamaño del acetábulo. Cuando se representan esas dos variables en una gráfica salta a la vista que para igual tamaño de acetábulo los chimpancés siempre tienen caderas más anchas que los humanos actuales.[5]

Pues bien, comparada con el diámetro del acetábulo, la anchura máxima de la pelvis es muy grande en los tres australopitecos, especialmente en Lucy, un espécimen que midiendo poco más de un metro de estatura tiene una anchura pélvica semejante a la humana moderna.

Se ha utilizado otro coxal, también femenino, de Sterkfontein (Sts 65) para intentar reconstruir el anillo pélvico y ver sus dimensiones obstétricas, las que importan en el parto.[6]Este coxal conserva gran

parte del pubis, pero carece de hueso sacro, por lo que se le ha *trasplantado* el de Sts 14. La anchura pélvica resultante es similar.

Se conserva otro esqueleto (incompleto) de Sterkfontein (StW 431), más grande y robusto y seguramente masculino, que sigue el mismo patrón morfológico de los otros australopitecos, supuestamente femeninos.

Y esperamos saber pronto las dimensiones de la pelvis de Little Foot (StW 573), también de Sterkfontein, una vez que se reconstruya por *retrodeformación* (o «deformación inversa»), porque como todos los fósiles de este yacimiento Little Foot está deformado por la presión ejercida por el peso del sedimento sobre los huesos después de que quedaran enterrados de forma natural en la cueva.

En todo caso, StW 431 y Little Foot parecen tener unas anchuras entre las crestas ilíacas cercanas a los 30 centímetros, que es un valor alto incluso para una persona actual. Si tenemos en cuenta que el acetábulo es pequeño en StW 431 y Little Foot, los puntos correspondientes a los dos australopitecos se situarían en la gráfica incluso por encima de los chimpancés.

En resumen, la anchura media de la pelvis de los australopitecos parece ser la misma que la del *Homo sapiens*, en torno a los 25-26 centímetros. Dado que sin lugar a dudas los australopitecos eran más pequeños que nosotros, parece claro que tenían una anchura relativa de las caderas muy superior, y que nos saltaría a la vista si los viéramos al natural. Eso es algo en lo que deben reparar también los paleoartistas.

## Little Foot, punto y aparte

Es el momento de hacer un punto y aparte para decir algo más acerca de Little Foot (StW 573), de la especie a la que pertenece, del yacimiento en el que se ha encontrado y de su antigüedad. A fin de cuentas se trata del esqueleto de un australopiteco completo y articulado, algo que jamás se había encontrado antes, el sueño de un paleontólogo. Una estrella rutilante del registro fósil que se merece toda la atención del mundo, y por la que su descubridor, Ron Clarke, merece pasar a la historia, como Donald Johanson lo ha hecho por su descubrimiento de Lucy y Tim White por el de Ardi.

Según el equipo que lo estudia, Little Foot sería una hembra basándose en la forma de la pelvis. Concretamente en la anchura de la llamada escotadura ciática, de la que ya hemos hablado en relación con el músculo piramidal, el *síndrome de la billetera* y la dolencia que la gente llama «ciática». Una mayor anchura de la escotadura ciática quiere decir un sacro retrasado para facilitar el parto. En cambio, el esqueleto StW 431 correspondería a un macho porque la escotadura es estrecha. Pero yo no estoy seguro de que se pueda utilizar el patrón actual de dimorfismo con los australopitecos, que tenían partos diferentes a los nuestros. De todos modos, los caninos de Little Foot son pequeños, como los de una hembra de australopiteco.

Aunque el nombre de Little Foot sugiere un tamaño muy pequeño, este australopiteco medía unos 130 centímetros, que no está mal para una hembra de australopiteco. El desgaste dental indica que no era joven. Los investigadores piensan que esta vieja hembra se cayó a una sima, desde la superficie, y se mató. En la unidad 2 de Sterkfontein las especies más abundantes son los monos y los leopardos. La extracción de Little Foot de la roca que lo aprisionaba ha sido muy larga y laboriosa. Yo tuve el privilegio de ser uno de los pocos que vieron el esqueleto todavía en el yacimiento, en 2003. Bajé a las profundidades de la caverna en compañía del descubridor, Ron Clarke, y del gran paleoantropólogo Phillip Tobias. Fue Tobias quien le puso el mote de Little Foot al pie de este esqueleto, que fue lo primero que se encontró. Ron Clarke prefiere usar la sigla oficial StW 573, pero yo me voy a referir al esqueleto por su apodo porque me parece más fácil de recordar por el lector que la sigla. En el año 2019 he podido ver a Little Foot limpio en su urna de cristal.

En la estratigrafía del yacimiento de Sterkfontein se distinguen cuatro depósitos sucesivos (del 1 al 4), pero todos los fósiles de australopitecos proceden de la unidad 4, salvo Little Foot, que pertenece a la unidad 2. Los australopitecos de la 4 se adscriben a la especie *Australopithecus africanus*. Sin duda Little Foot es más viejo que el resto de los australopitecos de Sterkfontein porque la unidad 2 se depositó en la cueva antes que la unidad 4, ¿pero cuánto más viejo?

La unidad 4 parece tener una edad geológica en torno a los dos millones y medio de años, pero hay controversia respecto de la datación de la unidad 2. Ron Clarke y su equipo han obtenido dataciones para la unidad 2 que superan los tres millones y medio de

años, con lo que Little Foot sería más antiguo que Lucy (de la especie *Au. afarensis*). Otros geocronólogos han trabajado con concreciones calcáreas (espeleotemas) de la unidad 2 de Sterkfontein que dan menos de tres millones de años, pero los geólogos del equipo de Ron Clarke afirman que esas concreciones se formaron mucho después de que se depositaran los fósiles, rellenando desde arriba las grietas del yacimiento, por lo que serían mucho más modernas.

Para clasificar a Little Foot, Ron Clarke ha resucitado un nombre de especie que había dejado de usarse, y es el de *Australopithecus prometheus*. Este es el nombre científico que Raymond Dart le puso en 1948 a los australopitecos encontrados por él en el yacimiento de Makapansgat, también en Sudáfrica, pero los autores posteriores han considerado que se trata de la misma especie que los fósiles de la unidad 4 de Sterkfontein, es decir, *Au. africanus*.

Para algunos miembros del equipo de Ron Clarke el esqueleto StW 431 también pertenecería a la especie *Au. prometheus*, que por lo tanto habría convivido con *Australopithecus africanus* en los tiempos en los que se formó la unidad 4 del yacimiento de Sterkfontein.

Yo creo que todos los fósiles de Sterkfontein pertenecen a la especie *Au. africanus* y tienen una antigüedad parecida, en torno a los dos millones y medio de años, quizás algo más, pero en todo caso menos que Lucy. Un estudio muy reciente basado en los dientes de los monos geladas apunta en esa dirección. Con el tiempo se van haciendo más grandes los dientes de estos primates, y por eso pueden ser utilizados en paleontología para datar los yacimientos. Pero ya ha sido contestado este trabajo por los geocronólogos partidarios de edades más antiguas.

## El flaco del lago Turkana

Solo hay, desgraciadamente, una pelvis completa atribuida a *Homo erectus*, y es la encontrada en Gona (Etiopía), en un yacimiento al aire libre. Su edad geológica es de un millón y cuarto de años, y verdaderamente es una pelvis muy ancha para su tamaño, más ancha incluso que en los australopitecos.

De la misma especie que la de Gona, *Homo erectus*, se conoce una pelvis de un millón y medio de años de antigüedad, perteneciente a un

esqueleto juvenil muy completo (más o menos equivalente a un preadolescente actual o a un adolescente temprano), conocido como Turkana Boy, atribuido al sexo masculino como indica su apodo. Se encontró en la orilla occidental del lago Turkana (Kenia), en la localidad de Nariokotome, y su número de inventario es KNM-ER 15000. Resulta muy difícil saber cuáles habrían sido sus dimensiones definitivas, si hubiera crecido hasta hacerse adulto, porque los huesos del coxal (ilion, isquion y pubis) aún no se habían soldado.

A pesar de ello, el Turkana Boy se reconstruyó con una pelvis muy estrecha, tanto que se afirmó que el cuerpo de esta especie estaba adaptado al clima tropical, con proporciones similares a las de las etnias africanas llamadas en conjunto nilóticas, como los dinkas y los masáis, que son poblaciones muy altas y estrechas de tronco.[7]Más aún, se dijo que, si se tratara de un ser humano actual, las medidas del Turkana Boy predecirían que el clima donde vivía su gente era... el del lago Turkana. En la monografía sobre el esqueleto, un trabajo científico exhaustivo por parte de un equipo de especialistas, hay una fotografía de un muchacho dinka con el siguiente pie: «Este joven es un dinka del sur de Sudán. Los dinkas viven en la misma latitud y unos doscientos kilómetros al oeste de Nariokotome. Este individuo tiene unas proporciones del tronco y de las extremidades casi idénticas a las de KNM-WT 15000. Los dinkas no tienen, obviamente, lazos genéticos más estrechos con los primeros *Homo erectus* que cualquier otro pueblo de la Tierra. Su semejanza se debe enteramente a convergencia fisiológica. Pensamos que esta forma del cuerpo es un buen ejemplo de la regla de Allen en acción».

¡Qué maravilla! ¡Cuánta exactitud tratándose de un chaval que ni siquiera tenía los huesos de la cadera soldados!

Según esta teoría los neandertales habrían ensanchado su cilindro corporal para adaptarse a los climas fríos (somatotipo hiperártico), mientras que el *Homo sapiens* conservaría la forma primitiva del cilindro corporal estrecho (somatotipo hipertropical), la misma del *Homo erectus*. El poder de las imágenes de los estilizados dinkas con las que siempre se acompañan las especulaciones sobre el Turkana Boy ha hecho que este modelo evolutivo se haya perpetuado.

Pero en el equipo de la Sima de los Huesos estamos radicalmente en contra.

Nosotros pensamos que el cilindro corporal del Turkana Boy habría sido muy ancho si hubiera llegado a adulto, es decir, que en absoluto tenía un somatotipo hipertropical como se ha dicho, y que no fue hasta la aparición del *Homo sapiens* sobre la Tierra cuando el cilindro corporal se estrechó. Es decir, justo lo contrario.

La Sima de los Huesos proporciona la mejor colección que existe de todas las partes del esqueleto. Se ha podido reconstruir completamente una pelvis (es la única de todo el registro fósil de la evolución humana que lo permite) y claramente es más ancha que la de cualquier individuo actual. Al famoso cantante de rock 'n' roll Elvis Presley lo apodaban Elvis *the pelvis*, y ese nombre es el que le hemos puesto a la aún más poderosa cadera de la Sima de los Huesos.

El resto de las muchas (aunque no tan completas) pelvis de la Sima son muy similares. La pelvis mejor conservada al margen de la Sima es la del yacimiento chino de Jinniushan, que incluso sobrepasa en anchura a la pelvis de Atapuerca. Los restos de huesos coxales que se han encontrado en otros yacimientos de Europa, África y Asia son muy semejantes al material de la Sima de los Huesos y a Jinniushan.

Finalmente, se dispone de tres pelvis neandertales lo bastante enteras como para poder medirse la anchura entre las crestas. Dos de ellas son de Israel y la tercera es francesa. Las dos israelíes son claramente más anchas que un humano actual de su mismo tamaño, pero la francesa no lo es, aunque hay que decir que está reconstruida en una gran parte de su anatomía, por lo que yo no estoy convencido, de momento, de que tenga la anchura de una pelvis de hoy en día. Pienso que era mucho más ancha.

Esta pelvis francesa pertenece a un esqueleto muy famoso, el de La Chapelle-aux-Saints, que en su día (1911) fue utilizado para describir a los neandertales como seres escasamente humanos, incapaces incluso de extender completamente las rodillas, que mantendrían semiflexionadas en todo momento. Una parte de esa interpretación errónea de la postura de los neandertales tiene que ver con prejuicios de la época sobre las capacidades cognitivas de los neandertales, pero otra parte se debe a las numerosas patologías articulares que sufría este individuo en particular cuando murió.

También se dispone de una cierta cantidad de huesos púbicos de

neandertales, y lo que se aprecia en ellos es que eran largos como en la Sima, en Jinniushan, en Gona y en los australopitecos.

Por todo eso creo que, a pesar de la pelvis francesa reconstruida, todas las caderas han sido anchas desde los australopitecos hasta que llegaron las caderas estrechas del *Homo sapiens*. Nosotros somos los que hemos cambiado el diseño del cuerpo, no los neandertales. Somos la especie de caderas más estrechas de la evolución humana, algo que seguramente ha complicado aún más el parto y lo ha hecho obligatoriamente rotacional.

## Todos a la báscula

Hagamos, para terminar este capítulo, un pequeño repaso de los pesos del cuerpo de las diferentes especies de la evolución humana. La especie de Lucy (*Australopithecus afarensis*) podría bajar hasta treinta kilos de peso en las hembras pequeñas y subir hasta cincuenta kilos en los machos grandes. Parece que el dimorfismo sexual (la diferencia de tamaño entre sexos) era grande en esta especie. Dentro de esos límites de peso se incluirían los australopitecos sudafricanos (incluyendo a Little Foot) y los parántropos. Estos últimos eran parecidos a los australopitecos, y vivieron en las mismas regiones de África, pero por lo general en un tiempo posterior. Se diferenciaban de los australopitecos en que sus muelas eran más grandes y de esmalte más grueso y los músculos que mueven la mandíbula estaban más desarrollados, lo que se reflejaba en los huesos del cráneo.

El *estirón* se dio con el *Homo erectus*, al que podemos atribuir una estatura y un peso claramente superiores a los de los australopitecos y los parántropos (y menos dimorfismo sexual). Los neandertales podrían pesar entre 65 kilos y 80 kilos, y sus antepasados de la Sima de los Huesos todavía más porque eran más altos y más fuertes, al igual que nuestros antepasados africanos de esa misma época (estamos hablando de un periodo que va aproximadamente desde hace medio millón de años hasta hace un cuarto de millón de años).

Yo creo que esos antepasados de neandertales y humanos modernos (los preneandertales y los presapiens) han sido los humanos más pesados de la historia.

Los cromañones (es decir, los humanos modernos del Pleistoceno)

que convivieron con los neandertales seguramente pesaban tanto como ellos, ya que, aunque eran más estrechos, su estatura era superior.

Luego se produce, curiosamente, un descenso de la estatura que se acentúa cuando se inventan la agricultura y la ganadería. Pero hoy están creciendo las poblaciones humanas en general, lo que quiere decir que ese descenso del tamaño del cuerpo que se produjo con la revolución neolítica tenía más que ver con la pobreza de la alimentación, con la consanguinidad y con las enfermedades que con la genética.

*Afrodita agachada*. Taller romano. Museo del Prado.

# EL TÓRAX

*La axila es una región del cuerpo muy interesante, pero poco explorada por el común de los mortales. En este capítulo la vamos a ver con cierto detalle, de manera que podemos empezar por levantar un brazo (el derecho, por ejemplo) y llevarnos la mano contraria (la izquierda) al hueco que se forma. Notaremos enseguida que tiene una pared anterior bien gruesa, como si fuera un pliegue o cortina muscular; una pared interna correspondiente a las costillas; una pared posterior que, como la pared anterior, es un pliegue muscular, pero muy recio; y una pared lateral, que es la cara interna del brazo. Con estas cuatro paredes de la axila hemos comenzado nuestro recorrido por el tórax, la cintura escapular y el brazo.*

## Torsos desnudos

En el museo del Prado hay una magnífica estatua romana del siglo primero que me entusiasma. Muestra un emperador divinizado, quizás Octavio Augusto, quizás Tiberio. La cabeza (que es la de Augusto) le fue añadida en la restauración del siglo XVII y no es la original de la escultura. El cuerpo sigue al *Doríforo* (que significa «portador de lanza») de Policleto en la actitud general. Así, el peso recae sobre la pierna derecha adelantada y en tensión, mientras que la izquierda está relajada. Se trata de una postura que se llama, en historia del arte, *contrapposto* y que el famoso escultor de Argos usó también en el *Diadúmeno* que podemos ver en el museo del Prado. No debe perderse de ninguna manera esta estatua de Augusto cuando recorra sus salas.

Aunque el pudor romano hace que se cubra los genitales con la toga, que por otro lado era seña de identidad romana, el torso desnudo del emperador está muy bien trabajado y en él se marcan perfectamente todos los rasgos del abdomen que venimos comentando: el arco griego, la almohadilla lateral, el pliegue inguinal

y los rectos mayores, que aparecen enmarcados dentro de un óvalo o escudo abdominal, separados entre sí por la línea alba y divididos en cuadriláteros por las intersecciones transversales.

Como los ligamentos inguinales, que son la base de los dos pliegues inguinales del cinturón de Adonis, van desde la espina ilíaca anterior y superior (EIAS) hasta el cuerpo del pubis de cada lado, y no hasta la sínfisis púbica (en el plano medio), el cinturón de Adonis no se cierra por abajo, porque los dos pliegues inguinales terminan su recorrido separados. Sin embargo, los griegos cerraban el cinturón de Adonis de las esculturas de una manera artística, que era conectar los dos pliegues inguinales con una línea horizontal formada por el borde superior del vello púbico, artificialmente cortado (como si hubiera sido afeitado por arriba). Es más difícil de explicar que de ver, porque con un rápido vistazo a una escultura griega se comprende al instante lo que quiero decir. En el *David* de Miguel Ángel el vello púbico no muestra ese borde superior perfectamente recto.

Otra magnífica escultura del museo del Prado donde se pueden ver todos los rasgos del cuerpo humano masculino, tal como lo *inventaron* los griegos, es, por supuesto, el *Poseidón* de Palemón, de talla romana pero inspirada en modelos griegos anteriores. No le falta detalle, por lo que es una verdadera lección de anatomía en mármol (ver figura *Hay un dios en el mar*).

Y si tiene la oportunidad de visitar el museo arqueológico de Sevilla podrá deleitarse con el magnífico *Trajano de Itálica*, con su cinturón de Adonis y el vello púbico recortado al modo clásico, porque está completamente desnudo. Muy recomendable.

## Pectorales

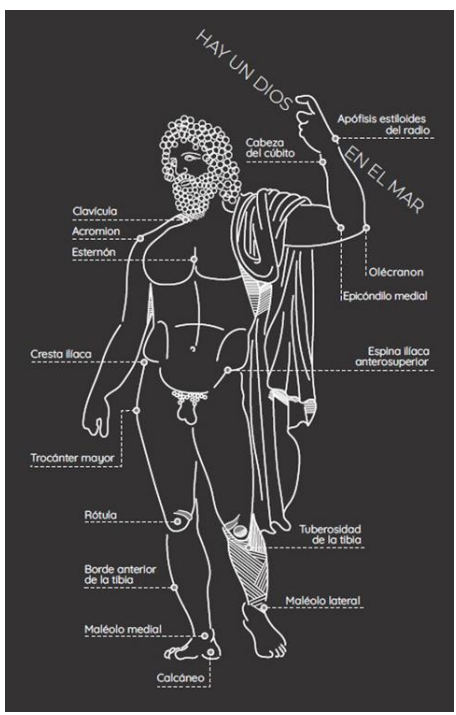
Valverde de Amusco utiliza el vernáculo «morcillo» para referirse a los músculos del cuerpo humano. Así, llama «morcillo derecho de la barriga» al recto mayor, y anota «las impresiones blancas [las intersecciones] que en estos dos morcillos se hacen a través de ellos». Al músculo oblicuo mayor lo llama «morcillo atravesado de la barriga».

Subiendo del abdomen a la caja torácica, en la anatomía artística son muy importantes dos músculos del torso que tienen su raíz aquí y

terminan uno en el húmero y otro en el omóplato: el m. pectoral mayor y el m. serrato anterior. Hablemos un poco de ellos.

El músculo **pectoral mayor** es un músculo muy prominente que tiene forma cuadrada cuando el brazo cuelga y adopta una forma triangular cuando se levanta. Conviene saber que el m. pectoral mayor forma la pared anterior o ventral de la axila junto con el m. **pectoral menor**, que está por debajo del mayor. Hay también una pared posterior o dorsal de la axila, una medial y una lateral, que ya iremos viendo.

El pectoral mayor tiene un doble origen: la clavícula y los cartílagos de las costillas segunda a sexta. La inserción conjunta del pectoral mayor se produce en el húmero y su acción es sobre todo aductora (aproxima el brazo al costado), aunque también puede ser rotadora interna (lo gira hacia dentro) y flexora (lo levanta). La aducción tiene como límite inevitable el propio costado del cuerpo (el brazo no puede pasar de ahí), pero si el brazo está algo flexionado puede cruzarse sobre el pecho o ir a la cadera contraria.




El pectoral mayor se utiliza en muchos deportes, por ejemplo en la escalada cuando las manos están agarradas a los salientes de la roca

y se levanta el cuerpo tirando de los brazos. También se usa en el tenis para pegarle a la pelota con la raqueta (en el golpe que se llama *drive*).

Como se ha dicho, el pectoral mayor cruza el brazo sobre el pecho y por eso tiene una importante función social: es el músculo del abrazo.

Desde luego, en la estatuaria clásica el pectoral mayor era muy importante en los varones, por lo que no cabe dudar de su valor estético como parte fundamental del canon masculino. Entonces como ahora los hombres deseaban tener unos buenos pectorales.

## El músculo aserrado

Pero también aspiraban y aspiran los hombres a que se les marquen en los dos costados las digitaciones de los músculos serratos, que se alternan (se interdigitan) con las digitaciones de los m. oblicuos mayores, poniendo en relieve las costillas en el lateral del tórax. Es más fácil verlo en el torso de un vivo o de una estatua que explicarlo.

El músculo **serrato anterior** (o serrato mayor) se origina en la parte anterior de las primeras ocho o nueve costillas y se inserta a todo lo largo del borde interno del omóplato, que es el borde más cercano a la columna vertebral. Pero el m. serrato anterior no llega hasta el borde interno del omóplato cruzándolo por encima, sino pasando entre el omóplato y la caja torácica.

Aunque en nuestro estudio de la anatomía humana todavía no hemos llegado al omóplato o escápula, como también se dice, me veo obligado a hablar un poco de este hueso a propósito del m. serrato anterior. De todos modos el omóplato lo conoce todo el mundo porque es muy visible desde el exterior.

Se distinguen tres porciones en este músculo, con funciones distintas: la superior, la intermedia y la inferior. Si tomamos las costillas como punto fijo, cuando las tres porciones del serrato anterior se contraen hacen tracción del omóplato, de modo que se desplaza hacia delante, en un movimiento llamado «protracción de la escápula». Eso ocurre cuando intentamos alcanzar con la punta de los dedos algún objeto al que casi no llegamos, o cuando empujamos algo hacia delante con las manos. En el deporte actúa en el lanzamiento de peso y en el boxeo, ya que en los dos casos hay que *lanzar el brazo*.

Lo que produce la contracción simultánea de las porciones superior e inferior del músculo es pegar el omóplato al tórax por su borde interno (el que está más cerca de la columna, repito), y esta es una función de la máxima importancia, porque, si el músculo serrato está paralizado y no actúa, el borde interno de la escápula se despega cuando hacemos una flexión de brazos en el suelo o contra una pared, situación que se conoce como «escápula alada».

Finalmente, la contracción de los fascículos de la porción inferior del m. serrato anterior hace tracción del ángulo inferior del omóplato, que gira como un péndulo o una campana. Ese giro eleva la articulación del omóplato y permite que el brazo pueda levantarse por encima del hombro, como veremos con todo detalle en otro lugar.

Pero si tomamos al omóplato como punto fijo, la contracción del serrato anterior contribuye a elevar las costillas en la inspiración.

A pesar de su importancia, solo vemos una parte pequeña del m. serrato anterior, ya que apenas es subcutáneo. En efecto, la mayor parte está cubierta por el m. pectoral mayor y por otro músculo muy conspicuo, sobre todo en los deportistas, que se llama m. **dorsal ancho**.

El borde anterior del dorsal ancho forma un relieve muy evidente a la vista y también al tacto que atraviesa el costado diagonalmente desde la axila hacia la parte baja de la espalda. Si usted levanta un brazo como si se fuera a poner desodorante palpará sin dificultad, con la otra mano, el tránsito de las costillas al reborde del dorsal ancho. Puede hacerlo sin quitarse la ropa. Directamente bajo la piel del costado emergen las cuatro digitaciones o fascículos musculares del m. serrato anterior, que los artistas no han pasado nunca por alto.

En francés se llama a este músculo *grand dentelé* por el aspecto dentado que presenta, con las cintas o digitaciones que forman como un abanico. En español decimos serrato, pero el significado es el mismo que en francés, porque según la Real Academia la palabra viene del latín *serratus* y quiere decir «que tiene dientes a modo de sierra». No hay cuerpo bien trabajado en el que no sobresalgan las cuatro digitaciones del serrato anterior a cada lado del tórax.

Todas estas formas del torso también se esculpían, se duplicaban, en las corazas de exhibición que les ponían a los emperadores en las estatuas y en las grandes ceremonias de la vida real, como hemos visto todos en las películas de romanos. Una escultura con peto, es decir, vestida militarmente, se llama técnicamente *thoracata*. No es el caso del emperador del museo del Prado, porque este nos aparece semidesnudo y descalzo, idealizado como un héroe olímpico.

El mejor ejemplo de coraza que reproduce los rasgos del pecho y del abdomen se encuentra en la estatua de *Augusto de Prima Porta* (Roma), que también sigue en su postura a Policleto. Sobre los músculos hay una rica ornamentación alegórica de los triunfos militares de Augusto. Forman parte de este programa iconográfico dos figuras femeninas que representan a Hispania y a la Galia, territorios que Augusto terminó de incorporar a Roma. La estatua apareció en la villa a la que se retiró Livia, su esposa, al enviudar. Seguramente es una copia en mármol mandada hacer por la viuda de Augusto de un original de bronce que se ha perdido. Se conservan restos de pintura que han permitido reconstruir la policromía de la estatua, y el efecto es impactante. No estamos acostumbrados a ver ni la arquitectura ni la escultura clásicas con su colorido original, que al reproducirlo nos parece chillón, como si hubiera perdido toda su elegancia.

En el museo del Prado se exhibe también un torso *thoracato* (datado en torno al año 100) que representa a algún personaje romano que no es posible identificar porque la cabeza que le pusieron tampoco es la original. En la decoración de la coraza destaca una cabeza de gorgona como la que lleva Alejandro Magno en el famoso mosaico de la batalla de Issos (que procede de una casa de Pompeya y puede disfrutarse en el museo de Nápoles).

En la ciudad de Córdoba se encontró una preciosa escultura *thoracata*, que ahora se exhibe en el museo arqueológico. Solo se ha conservado el torso, pero por debajo de la rica ornamentación se pueden ver en la coraza todos los músculos, pliegues y surcos de los que venimos hablando. Hay otras *thoracatas* notables encontradas en España, como las dos de Montoro (una está en el museo de Málaga y la otra en el de Montoro), la de Torreparedones (Baena, Córdoba) y la de Segóbriga (Saelices, Cuenca).

Del antiguo Herakleion de Sancti Petri procede un torso *thoracato* de bronce que posiblemente perteneció a una estatua del emperador

Adriano, que visitó el santuario. Puede verse, junto con el *Hércules gaditano*, en el museo de Cádiz. Y en el museo Lázaro Galdiano de Madrid hay un torso romano de mármol con coraza, procedente de Álava o de Navarra.

Gaspar Becerra, el ilustrador del libro de anatomía de Valverde de Amusco, era un pintor de su tiempo, un manierista de la escuela romanista, la del círculo artístico de Miguel Ángel en Roma, y no se contentaba con dibujar huesos, músculos, ligamentos y vísceras, sino que también buscaba la belleza. Por eso aparece un busto *thoracato* entre sus láminas anatómicas, como también una venus púdica, de la que ya he hecho mención.

## El mamífero de las mamas abultadas

Aunque hombres y mujeres compartimos el músculo pectoral mayor, y los dos sexos tenemos pezones, solo las mujeres desarrollan glándulas mamarias y son capaces de producir leche cuando tienen niños. En eso no se diferencian del resto de las hembras de los mamíferos, pero sí en que desde la pubertad, mucho antes de amamantar un hijo, ya forman las mamas un relieve semiesférico, como muestran las venus del museo del Prado.

Lo que hace que las mamas de las mujeres sobresalgan desde la pubertad, aunque no estén lactando, son los depósitos de grasa que se acumulan en ellas. Y por cierto, esos depósitos no tienen relación directa con la producción de leche. Se ha visto que no producen más leche las madres que tienen más grasa en las mamas. Merece la pena señalar aquí que solo los humanos tenemos areolas alrededor del pezón, un dato bastante curioso.

En ausencia de alguna explicación funcional para el rasgo del abultamiento permanente del pecho en las mujeres desde el momento en que maduran sexualmente, hay que volver la vista a la selección sexual, como hicimos con las nalgas, los otros grandes abultamientos del cuerpo, y también redondos. Pero en este caso hay una diferencia importante: el pecho voluminoso solo se presenta en uno de los dos sexos. Es un carácter sexual secundario (los genitales externos son los primarios) y forma parte del dimorfismo sexual de nuestra especie, ya que sirve para distinguir visualmente a un hombre de una mujer. No

sabemos desde cuándo existen los senos redondeados de las mujeres, en qué especie aparecieron, porque no se conservan en el registro fósil. Otro reto para los paleoartistas.

Los experimentos que realizan los psicólogos indican que por regla general la mirada de los hombres se dirige en primer lugar a esa región de la anatomía femenina, aunque faltan estudios en poblaciones en las que las mujeres no se cubren esa región de su cuerpo, que está por lo tanto siempre a la vista.

En Occidente, desde luego, los implantes mamarios son muy frecuentes, pero no es seguro que el deseo de tener mamas grandes sea una cuestión exclusivamente biológica, y la cultura podría influir mucho. A lo largo de este libro vamos viendo que el cuerpo ideal también se inventa y está sujeto a modas. El canon de belleza masculino de los griegos, sin ir más lejos, se parece más al actual que el femenino, diría yo. Pero la invención del cuerpo tiene límites y como en casi todo lo humano parece más bien un producto de la interacción entre la biología y la cultura.

Por otro lado, la pulsión de parecer joven está asociada a la de resultar atractivo, en cualquiera de los dos sexos, porque la belleza física está asociada a la juventud. Las esculturas griegas que glorifican el cuerpo humano nos presentan a apolos y afroditas jóvenes.

¿Pero por qué solo las hembras de la especie humana tienen las mamas abultadas permanentemente? ¿Por qué no las de los chimpancés? ¿Por qué solo se ha convertido en un atributo sexual en nuestra especie entre todos los mamíferos?

En realidad, en las hembras de los primates, como por ejemplo los chimpancés, las mamas están abultadas cuando no son fértiles, es decir, cuando están amamantando una cría. En esa situación no ovulan, ya que necesitan toda la energía disponible para producir la leche. Lo mismo sucedía en las mujeres del Pleistoceno, en las que la disponibilidad de alimento era limitada. O en pueblos más recientes con una economía similar. En resumidas cuentas, unos pechos abultados por la lactancia significan en los primates que no hay posibilidad de concepción y eso hace más difícil de explicar que se hayan convertido en la evolución humana en un carácter sexual secundario.

Las hembras de chimpancé anuncian la llegada del óvulo a todos los machos del grupo con un semáforo muy llamativo en el perineo. Es

imposible ignorar que están dispuestas para la cópula, o para las cópulas, mejor dicho, porque tienen muchas durante el periodo de celo o estro, que es como se llama técnicamente. Cuando se produce la fecundación termina el estro y empiezan el embarazo y la lactancia. Si la crianza va bien el siguiente celo tardará en llegar cuatro años, más o menos.

Pero las mamas abultadas de las mujeres pueden haberse desarrollado para lo contrario: la ocultación de la ovulación. El «escenario evolutivo», como se les llama a las narraciones que hacen los científicos para explicar un rasgo, tendría dos partes: el abultamiento permanente de las mamas habría servido al principio para camuflar la ovulación, y luego se convertiría en un atributo sexual, puesto que solo las mujeres tienen mamas abultadas, no los hombres. De la ocultación de la ovulación ya he hablado antes a propósito del grosor del pene. No sé si a usted le convence o no esta historia, que no deja de ser una especulación. En otro momento de este libro me referiré a estas «narrativas de la evolución», que los científicos llaman *just so stories* evocando el título de un libro de Rudyard Kipling. Dejemos el tema para entonces.

## Una jaula de hueso para el corazón y los pulmones

Ha llegado el momento de que estudiemos, aunque sea superficialmente, la caja torácica. En los individuos flacos las costillas no pasan desapercibidas, y en cualquier caso todos sabemos que la caja o jaula torácica está formada por la parte correspondiente de la columna vertebral, las costillas y el esternón.

Hay doce costillas en total. Siete son las llamadas costillas verdaderas, y se articulan directamente con el esternón por medio de un cartílago costal propio. Las tres siguientes (octava, novena y décima) se llaman costillas falsas y se unen por sus correspondientes cartílagos al cartílago de la última costilla verdadera, la séptima; es decir, los cartílagos de las costillas falsas no van directamente al esternón, sino indirectamente. Y finalmente hay dos costillas flotantes que no están unidas al esternón por cartílagos, ni directa ni indirectamente.

El número de vértebras torácicas es el mismo que el de costillas,

es decir, doce. Curiosamente en los chimpancés y gorilas el número de vértebras y costillas es de trece.

Por su parte, el esternón tiene tres partes, que de arriba abajo (de craneal a caudal) son el mango (o manubrio), el cuerpo y la apófisis xifoides. Todas estas estructuras son fáciles de palpar. Le sugiero que con un dedo marque en el esternón la posición de la apófisis xifoides (donde a menudo se puede ver una pequeña depresión llamada foseta epigástrica) y con otro dedo el borde superior del manubrio, lugar en el que hay una escotadura o fosa yugular (también llamada escotadura supraesternal y horquilla esternal), que es imposible no ver o tocar. Esta fosa, escotadura u horquilla está muy bien delimitada lateralmente por las dos clavículas y forma lo que en inglés se llama *the pit of the neck*, «el hoyo del cuello».

La caja torácica tiene, por lo tanto, dos aberturas, la superior (o craneal) y la inferior (o caudal).

La abertura superior es la más pequeña de las dos y está inclinada hacia delante. La forman la primera vértebra torácica, el borde superior del esternón con su escotadura yugular correspondiente y la primera costilla de cada lado, que es diferente de todas las demás por ser la más plana, la más corta y la más curvada. Esta primera costilla pasa por debajo de la clavícula para articularse a través de un cartílago con el manubrio del esternón.

Como puede usted fácilmente palpar, la abertura inferior de la jaula torácica es también una abertura anterior, es decir, está inclinada hacia atrás. Su punto más alto es la apófisis xifoides del esternón, y sus límites son el arco costal que forman los cartílagos unidos de la séptima costilla verdadera y de las tres costillas falsas más las dos costillas flotantes, que no tienen cartílagos. La parte de la pared abdominal que queda en el interior del arco costal es lo que popularmente se llama «boca del estómago», y en anatomía, epigastrio.

## La maniobra de Heimlich

Ahora que conocemos bien el arco costal o puerta anterior a la caja torácica nos podemos detener un momento para comentar una maniobra terapéutica que se sitúa en ese lugar y de la que seguro que

ha oído hablar.

«¿Qué tienen en común el presidente de los Estados Unidos Ronald Reagan, los actores Elizabeth Taylor, Goldie Hawn, Jack Lemmon, Cher, Carrie Fisher, Ellen Barkin, Nicole Kidman y Halle Berry? [...] Respuesta: todos se atragantaron con la comida y fueron salvados con algo que yo inventé y que se llama la maniobra de Heimlich.» Así escribía el doctor Henry Heimlich, tan orgulloso de su aportación a la medicina. Una maniobra de primeros auxilios, sencilla, que puede salvar vidas y que se realiza en el epigastrio, es decir, entre el arco costal y el ombligo.

Hay que empezar por asombrarse del increíble número de personas que mueren cada año asfixiadas por atragantamiento, más de tres mil solo en los Estados Unidos. Un biólogo evolutivo está obligado a preguntarse cuál es la razón de que estemos tan mal diseñados como para que sea tan frecuente que el alimento sólido equivoque su camino y se meta por las vías respiratorias, en lugar de pasar al esófago.

En este tipo de problemas de diseño biológico la solución suele ser que se trata de un daño colateral derivado de una adaptación que es vital para la supervivencia. Estaría muy bien no atragantarse nunca, pero seguro que entonces nos perderíamos algo muy importante. También sería maravilloso que el parto no doliera, pero ya hemos visto las consecuencias que tendría el que las caderas fueran muy anchas o que el bebé naciera poco desarrollado.

En el caso del atragantamiento se suele decir que es la consecuencia de que nuestra laringe haya descendido en el cuello, haciendo que la faringe se alargue verticalmente, como un tubo. Como es en la faringe donde se cruzan las vías respiratoria y digestiva, el descenso de la laringe aumenta la posibilidad de que la comida *se vaya por el otro lado*.

Cuál es la razón de que haya descendido la laringe en nuestra evolución es la siguiente pregunta. La respuesta *oficial* es esta: facilitar el lenguaje humano aumentando las posibilidades de la faringe para modular el sonido que procede de las cuerdas vocales. En los lactantes de nuestra especie la laringe está alta y por eso pueden mamar y respirar a la vez. Más tarde la laringe desciende en los niños al mismo tiempo que empezamos a hablar.

La teoría de que el atragantamiento frecuente es el precio que

tenemos que pagar los seres humanos por hablar tiene sus partidarios y detractores, pero no voy a entrar en la discusión. Quedémonos con que la gente se atraganta de la manera más tonta al comer, la vía respiratoria se bloquea completamente y enseguida se da uno cuenta de que no puede respirar, ni hablar ni toser; en cuatro minutos has muerto o sufres daños cerebrales irreparables si no consiguen salvarte. Así de frágiles somos los seres humanos: nos podemos morir comiendo.

La maniobra de Heimlich consiste en situarse por detrás del atragantado, rodearle con los brazos el abdomen, cerrar una mano formando un puño, aplicar ese puño al epigastrio (recuerde, entre el arco costal y el ombligo) con el pulgar hacia dentro, rodear el puño con la otra mano, y realizar series de compresiones hacia dentro y hacia arriba (es decir, tracciones desde la espalda del sujeto, que es donde está situado el socorrista o sanitario) hasta que el trozo de comida haya sido expulsado y la tráquea desbloqueada.

Por supuesto, usted no debe realizar esta maniobra si no ha sido entrenado porque el remedio puede ser peor que la enfermedad. Es mejor, si no tiene formación, recurrir a las clásicas palmadas con la mano abierta entre los omóplatos para expulsar la comida atrancada. Es importante decir que la maniobra de Heimlich no debe realizarse si el individuo respira o puede toser o hablar, porque eso significa que la tráquea no está completamente bloqueada y por lo tanto se puede esperar a que llegue el personal sanitario.

El fundamento físico de la maniobra es el del émbolo. Cuando se produce el bloqueo de la tráquea siempre queda aire en los pulmones, incluso después de que haya habido una espiración forzada. Los pulmones nunca se vacían del todo. De lo que se trata con las compresiones abdominales, que se realizan por debajo del diafragma, es de expulsarlo con fuerza para que se libere la vía respiratoria.

De hecho Heimlich experimentó con perros porque el punto crucial es precisamente ese: si hay siempre suficiente aire en los pulmones como para que pueda funcionar el mecanismo del émbolo en cualquier circunstancia.

No soy desde luego un experto en este tema pero conozco que hay controversia acerca de qué método se debe utilizar en primer lugar, si el de las palmadas en la espalda o la maniobra. Heimlich por supuesto estaba en contra de las palmadas, a las que llamaba «las

palmadas de la muerte», porque sostenía que en lugar de expulsar la comida que bloqueaba la tráquea la encajaban aún más, pero no parece que esto sea cierto. Se trata una vez más de un problema de método científico. ¿Cómo se diseñaría un *experimento crucial* (se llama así a los que decantan un debate hacia un lado u otro) para ver cuál de las dos técnicas es más eficaz: las compresiones abdominales o las palmadas entre los omóplatos? Estamos jugando con vidas humanas, no podemos atragantar a la gente a propósito para ver qué sistema las *desatraganta* mejor.

Lo curioso es que el doctor Heimlich experimentó —como he dicho— en el laboratorio con perros, ¡pero la única vez que realizó él mismo la maniobra para salvar la vida de una persona que comía a su lado fue a la edad avanzada de noventa y seis años! Y funcionó.

Caja torácica, vista frontal. *Gray's Anatomy*.

# LA TORSIÓN DEL TORSO

*A una escultura a la que le faltan los brazos, las piernas y la cabeza la llamamos «torso». Muchas personas que van al gimnasio quieren lucir un buen torso, con toda su musculatura y sus pliegues. Pero el torso humano no es un bloque rígido, sino que puede retorcerse. Las caderas pueden girar hacia un lado y los hombros hacia el lado contrario, cruzándose. Eso es, precisamente, lo que hacemos cuando caminamos. Si la pierna derecha se adelanta, la cadera derecha también lo hace. Pero el hombro derecho se atrasa, mientras que es el hombro contrario, el izquierdo, el que se adelanta. Los chimpancés, en cambio, no pueden hacerlo cuando andan sobre sus pies. Para andar como nosotros andamos tiene que producirse la torsión del torso. Hay que tener cintura.*

*El ejercicio recomendado en este capítulo es, por supuesto, los giros de cintura. «¡No gires la cadera, solo los hombros!», es lo que nos dice el monitor.*

## Un pecho plano

Hasta aquí todo lo dicho sobre la caja torácica está muy claro y es muy sencillo: una jaula de hueso y cartílago que contiene al corazón y los pulmones y que tiene una entrada por arriba inclinada hacia delante y una salida por abajo inclinada hacia atrás. Pero la cosa se complica cuando hablamos de evolución.

En los cuadrúpedos en general (incluyendo a la mayoría de los primates) el tórax está comprimido de lado a lado, de manera que es estrecho mediolateralmente y profundo dorsoventralmente. No tiene más que fijarse en un perro si hay alguno cerca, o en un caballo o una vaca. Son todos animales de cuerpo estrecho, algo que es lógico, porque si tuvieran las extremidades de cada lado separadas, como en una mesa, su locomoción sería muy poco eficiente. Conviene que los apoyos de cada uno de los dos lados estén cerca.

Este no es el modelo torácico de los hominoideos, el grupo formado por los simios y los humanos. En todos nosotros la caja torácica está comprimida dorsoventralmente y es ancha mediolateralmente. Dicho en otras palabras, los hominoideos tienen el pecho plano porque la caja torácica es poco profunda del esternón a la columna vertebral y en cambio es ancha de hombro a hombro. Cuando vemos a un chimpancé o a un gorila sentado su torso nos recuerda mucho al nuestro, y es que el diseño de la caja torácica no cambia. Es al ponerse de pie y andar cuando vemos mayores diferencias entre los grandes simios y nosotros.

Como consecuencia, las escápulas u omóplatos de los cuadrúpedos en general (incluyendo los primates que no son hominoideos) están a los lados (son laterales), mientras que en los hominoideos están en la espalda (son dorsales). La articulación del omóplato con la cabeza del húmero también cambia de posición, en consecuencia. Una gran diferencia, sin duda. Puesto que el omóplato va a salir muchas veces en este libro aclaro que yo usaré por lo general el término latino «escápula», que es el que se usa en inglés también.

En los cuadrúpedos (y primates no hominoideos) la caja torácica literalmente cuelga de la columna vertebral cuando van a cuatro patas, mientras que en los hominoideos la espina dorsal avanza hacia el esternón para aproximarse al eje central del tórax, de manera que cuando un hominoideo mantiene el tronco recto la espina dorsal es verdaderamente una columna central.

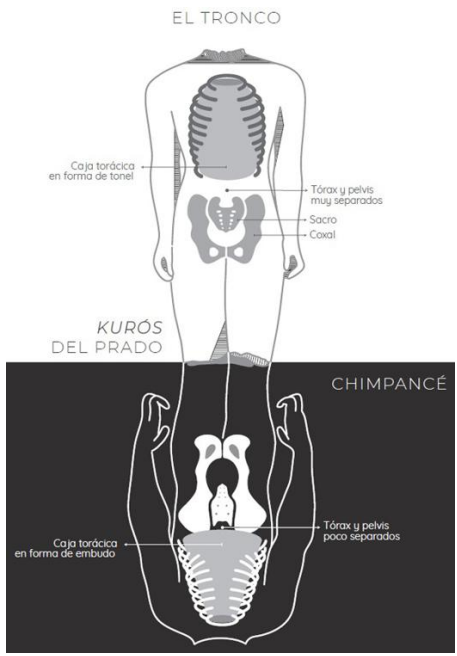
Se supone que la forma de la caja torácica de los hominoideos es una adaptación al tipo de locomoción pendular que practican en mayor o menor medida todos los simios vivientes. Tenemos el pecho plano y las espaldas anchas porque descendemos de antepasados que se colgaban de los brazos.

## El delicado talle

En todo caso, los chimpancés y bonobos son nuestros parientes más cercanos y es lógico que nos comparemos con ellos. Al hacerlo observamos que la forma de la caja torácica es muy diferente, aunque ellos y nosotros tengamos el pecho plano. Pero la abertura superior es

pequeña en los grandes simios africanos, mientras que la inferior es muy ancha. Eso hace que tenga una forma de embudo invertido, o de cono truncado por el ápice. Por el contrario, la caja torácica humana es cilíndrica, o mejor diríamos que tiene forma de tonel, porque la máxima anchura se encuentra en las costillas intermedias (figura *El tronco*).

Como la caja torácica forma parte del torso también tenemos que preguntarnos cuál es la relación entre la caja torácica y la pelvis, entre el pecho y la cadera. Estamos obligados a hacerlo porque la caja torácica está sorprendentemente cerca de la pelvis en los grandes simios, mucho más que en el resto de los primates, incluyendo a los humanos. Se ha dicho que el torso de los grandes simios forma un solo bloque, que «no tienen cintura» en el sentido popular de la expresión, es decir, que apenas pueden girar el tórax y los hombros manteniendo la pelvis fija como hacemos nosotros. Veremos más adelante si es esto cierto, pero ahora vamos a centrarnos en la anatomía, que para la fisiología ya habrá tiempo.




No obstante, antes de seguir le pido que se imagine a un chimpancé, macho o hembra, con una pronunciada cintura, un delicado talle. ¿A que le resulta muy chocante, precisamente por

demasiado humano? En este libro estamos utilizando la táctica de imaginarnos a los chimpancés con algunas de nuestras características para mirarnos frente al espejo de nuestros parientes más cercanos y poder apreciar en qué rasgos somos realmente diferentes. Y no me estoy refiriendo a las trazas que son más obvias, como la forma del pie (la bóveda plantar, el dedo gordo), sino a otras características en las que no se suele pensar.

Ya hemos intentado imaginarnos a los chimpancés con unas nalgas semiesféricas y nos ha parecido muy extraño, lo que nos ha hecho pensar. Si más arriba les ponemos con la imaginación a los chimpancés una estrecha cintura aún nos choca más. Y si a una hembra de chimpancé le adjudicamos mentalmente unos senos abultados, también semiesféricos, ya nos parece que hemos humanizado demasiado a esta especie. Los mismos experimentos mentales —nalgas, talle, pecho— los podemos y debemos hacer con los australopitecos. No eran *hombrecitos*, es decir, humanos como nosotros a una escala menor.

Pero sigamos con la anatomía, que ya volveremos a jugar a este juego.

## Las partes del torso

Si comparamos, como hacía el gran primatólogo suizo Adolph Schultz, el tronco de un macaco, un gibón, un chimpancé y un humano, dibujándolos todos al mismo tamaño (para lo que hay que aumentar a los primates pequeños y reducir a los grandes), se aprecia muy bien la singularidad de los chimpancés en la región lumbar, que es en ellos muy corta, de manera que la última costilla de su caja torácica está muy cerca de la cresta ilíaca (ahora puede recurrir a la palpación para comprobar que hay una buena separación entre su última costilla y la cresta ilíaca, que tenemos ya tan manoseada a estas alturas del libro). La razón está en el número de vértebras lumbares y en su tamaño.

Sentemos pues a los primates, olvidémonos de sus extremidades y de la cabeza, y dividamos mentalmente el torso en tres partes: el tórax, la pelvis y el segmento que queda entre medias, que podemos llamar abdomen o región lumbar.

En nuestra especie el número de vértebras lumbares es

típicamente de cinco y en los chimpancés de tres o cuatro, pero cuando vemos los dibujos comparativos de Schultz nos damos cuenta de que hay otra causa para que la cresta ilíaca y la última costilla estén tan cercanas en los chimpancés: la enorme altura del hueso ilíaco, esa especie de *pala de jugar al frontón*, que es a lo que me recuerda el hueso ilíaco de un chimpancé. El ala ilíaca sería la parte ensanchada de la pala, con la que se golpea la pelota. El cuerpo del hueso ilíaco sería el mango.

Cuando se pone en relación con la altura total del tronco la pelvis en su conjunto es más corta en el gibón que en el chimpancé; luego viene el macaco, y finalmente está el ser humano, que además de tener los huesos ilíacos bajos también tiene los huesos isquiáticos acortados, como sabemos.

Además ocurre que el enorme desarrollo en altura del hueso ilíaco y la estrechez del sacro en el chimpancé hacen que la última o las dos últimas vértebras lumbares queden encajadas entre las dos alas ilíacas, con lo que se reduce mucho su movilidad. En nuestra especie el sacro es ancho, separando bien las dos alas ilíacas y permitiendo que las últimas vértebras lumbares conserven toda su movilidad. La mayor anchura del sacro también favorece, obviamente, el parto.

## El chimpancé bípedo

Es importante esta cuestión de la movilidad de la columna lumbar porque tiene relación con la locomoción bípeda. Al adelantar un pie (derecho o izquierdo) para dar un paso, la pelvis gira en la misma dirección. Y esto sucede tanto en los chimpancés cuando andan a dos patas (o cualquier otro simio) como en los humanos. La diferencia es que en los chimpancés la rotación de la cadera es mucho más marcada que en nosotros.

Repasemos conceptos.

Hay cuatro componentes de la locomoción bípeda que tienen que ver con la cadera y con el muslo. Uno es este que acabamos de mencionar: la rotación de la pelvis. Otro es la inclinación (o basculamiento) lateral de la pelvis (la caída hacia un lado u otro). El tercero es la flexión de las articulaciones de la cadera y de la rodilla. Y el cuarto es la separación o abducción del fémur respecto de la cadera.

Ya vimos que en el chimpancé el lado que se levanta de la pelvis es el del pie que está en la fase de balanceo, mientras que en los humanos ese lado de la pelvis está ligeramente caído. O dicho de otro modo, el lado levantado de la cadera de un humano es el apoyado. Además, en los chimpancés el fémur está flexionado y abducido, por lo que los pies se separan mucho a cada lado.

Todo esto sumado: la gran rotación hacia delante de la cadera, la inclinación exagerada de la pelvis hacia el lado apoyado y la flexión y la separación del fémur hacen que el centro de gravedad del chimpancé se desplace mucho a un lado y otro y hacia arriba y hacia abajo al caminar.

Ya sabemos que no hay nada menos eficiente que una locomoción en la que el centro de gravedad describe una línea fuertemente ondulada en la vertical, que sube abruptamente y cae en picado, y otra igualmente ondulada en la horizontal, con grandes bandazos de lado a lado; es decir, una espiral muy exagerada cuando la vemos en las tres dimensiones.

Por el contrario, cuanto más recta sea esa línea de desplazamiento del centro de masas, cuanto menos nos recuerde a una espiral, menos gasto energético se producirá, como en nuestro caso.

Aunque a veces se describe, en aras de la divulgación, a los australopitecos como «chimpancés bípedos» (yo mismo lo he hecho) porque los australopitecos tienen un aire de gran simio, desde el punto de vista del aparato locomotor a quienes de verdad se parecen los australopitecos es a nosotros.

## Defensas *troncos*

En todos los cuadrúpedos y también en los humanos hay dos cinturas: la pelviana y la escapular. La cintura pelviana se articula con la cabeza del fémur. La cintura escapular está formada por la clavícula y la escápula u omóplato, que se articula con la cabeza del húmero en lo que llamamos comúnmente el hombro.

En los seres humanos, la rotación de la cadera en la dirección del pie adelantado es contrarrestada por una rotación de los hombros en la dirección opuesta. O sea, cuando adelantamos el pie derecho la cadera gira y se adelanta por ese lado, mientras que en la cintura

escapular es el hombro izquierdo el que se adelanta, al mismo tiempo que el brazo izquierdo se mueve como un péndulo (como puede ver en la figura *Los siete magníficos de la locomoción bípeda*).

En consecuencia, se produce una torsión del tronco entre el tórax y la pelvis. Dicho en los términos de la física, en la bipedestación la cintura pelviana y la cintura escapular no están en la misma fase, sino a contrafase, con lo que sus momentos angulares (o momentos cinéticos) se contrarrestan, reduciéndose así los desplazamientos laterales del centro de gravedad. Llamamos momento angular a la cantidad de movimiento rotacional, y nos consta que cuanto menos se mueva el centro de masas del cuerpo, más eficiente será la locomoción.

También contribuye a mejorar la eficiencia de la marcha el movimiento pendular del brazo contrario a la pierna adelantada. O sea, el miembro inferior derecho está sincronizado con el miembro superior izquierdo, y el miembro inferior izquierdo con el superior derecho. Los brazos y las piernas se cruzan al andar, en otras palabras. Este cruce de brazos y piernas se produce en todos los cuadrúpedos, salvo cuando galopan.

Así que, si lo piensa bien, nuestra forma de andar sobre las piernas, con los brazos moviéndose a contrafase, se parece al paso de los caballos, y nuestra carrera a su trote. Lo que no tenemos nosotros es galope. Por eso, cuando comparamos caballos y humanos tenemos que hacerlo entre la carrera humana y el trote del caballo. Y ahí no hay mucha diferencia, ni en velocidad ni en resistencia.

¿Pasa lo mismo en los chimpancés? Vamos a ver. El movimiento contrario del brazo también lo tienen los chimpancés cuando andan a dos patas, pero la cadera y los hombros no estás desfasados, sino en fase, porque ambas cinturas rotan en la misma dirección, la del pie adelantado.

En el argot futbolístico se dice de ciertos defensas incapaces de darse rápidamente la vuelta cuando les regatea el delantero contrario que son unos *troncos* y que no tienen *cintura* (lo que no es un elogio). Claro que la tienen, pero es más rígida (o más lenta en el giro) que la del delantero que los encara. Pues bien, los chimpancés serían literalmente unos *troncos sin cintura*, ya que el torso sería un cilindro imposible de torsionar.

¿Pero es esto verdad?

Tradicionalmente se afirmaba que la caja torácica estaba demasiado cerca de la pelvis en los chimpancés y que la columna lumbar no era lo bastante larga y móvil como para permitir la torsión del tronco, que funcionaría como un solo bloque. Además, se podría pensar que los músculos oblicuos que realizan la rotación del tórax sobre la pelvis son menos efectivos en los chimpancés que en los humanos, al estar situados más posteriormente debido a la diferente conformación de su pelvis, y este me parece un buen argumento. En los chimpancés las alas ilíacas son dorsales, no laterales como en nosotros, y su superficie externa mira totalmente hacia detrás. Dicho más técnicamente, se disponen en un plano frontal, igual que los omóplatos, y no en un plano sagital como en la pelvis humana.

Lo voy a decir de otro modo. Para tocarse las alas ilíacas, un chimpancé tendría que echarse la mano atrás, como pasa con los omóplatos. No a los lados, como hacemos nosotros.

Sin embargo, un estudio experimental[1]ha demostrado que el giro de la caja torácica del chimpancé al andar a dos patas es casi de los mismos grados que el nuestro. Lo que pasa es que en el chimpancé la rotación de la cadera es tan exagerada que los hombros no llegan nunca a girar en dirección contraria. Concluyen estos autores que bastaría con que la rotación de la cadera se redujera para que la rotación de los hombros de un chimpancé, o de un australopiteco, tuviese lugar en dirección contraria, a contrafase.

Sobre la marcha de los australopitecos se ha debatido mucho en función de cómo se reconstruyan los diferentes elementos de la locomoción bípeda a partir de los pocos esqueletos que tenemos: que si el fémur estaba separado del tronco (abducido) o alineado con él (aducido); que si la rodilla y la cadera estaban flexionadas o extendidas; que si la caída de la pelvis se producía hacia el lado apoyado o hacia el contrario (el que está en fase de balanceo); que si la pelvis rotaba mucho o poco al andar; que si todo el torso era un solo bloque que giraba con la pelvis o si, por el contrario, los hombros giraban en dirección contraria y se producía una torsión.

A favor de que los australopitecos practicaban una locomoción funcionalmente similar a la nuestra está el acortamiento del hueso ilíaco, que de este modo habría alejado la pelvis del tórax. Además, los australopitecos tenían un sacro ensanchado y cinco vértebras lumbares, no cuatro o incluso tres como los chimpancés, por lo que

podría ser que este simio fuera un pésimo modelo para reconstruir el diseño del cuerpo de nuestros antepasados. Eso es lo que piensan los que estudian a los ardipitecos. Para ellos la columna lumbar de Ardi era larga y móvil, como en los monos, los gibones y los humanos actuales, y no corta y rígida como en los grandes simios.

Para que quede clara mi postura, desde que empecé mi carrera científica hace medio siglo yo siempre he defendido que los australopitecos tenían una locomoción bípeda muy similar a la nuestra. En aquellos remotos tiempos de mis primeras investigaciones este planteamiento no era unánime, y quizás ni siquiera era mayoritario en la comunidad científica.

## El poder de una imagen

La forma de la caja torácica de un fósil es importante en todo este debate porque si es como la de un chimpancé cabe pensar que después de todo este simio no está tan mal escogido como *análogo viviente* de nuestros primeros antepasados. Al menos en el tórax sería una buena *máquina del tiempo*. Los investigadores de Ardi deducen (y digo «deducen» porque prácticamente no hay restos de esta región del esqueleto en los que apoyarse) que el tórax no sería cónico sino cilíndrico.

Sin embargo es probable que usted haya visto reconstrucciones del esqueleto de Lucy en las que la caja torácica tiene forma de embudo invertido o de cono truncado por arriba, que también se describe como forma piramidal. Hay una reconstrucción que ha hecho fortuna de Lucy con una caja torácica igual que la de los chimpancés. Como somos primates, es decir, mamíferos visuales por muy listos que nos creamos, esa imagen se nos ha quedado clavada en la mente. En la historia de la paleontología humana hay muchas imágenes de reconstrucciones de especies fósiles que han tenido un enorme impacto. En parte han reflejado el pensamiento de la época en la que fueron hechas esas reconstrucciones, en parte han modelado ese pensamiento. La imagen de Lucy con el tórax de chimpancé fue creada en 1983 por el paleoantropólogo Peter Schmid.

En el libro *La especie elegida*, que escribí en 1998 con mi colega Ignacio Martínez, le pedimos al ilustrador, el gran paleoartista

Mauricio Antón, que representara el tórax de los australopitecos con la forma piramidal que entonces hacía furor.

Es cierto que la anchura de las caderas de Lucy es muy grande al nivel de las crestas ilíacas, por lo que la abertura inferior de la caja torácica tendría que ser igualmente grande. Usted mismo puede comprobar en su propio cuerpo que hay una correspondencia muy grande entre el borde inferior de su caja torácica y las crestas ilíacas, que son el borde superior de la pelvis mayor o pelvis falsa. Como recordará, entre ambos bordes se disponen los músculos oblicuos, que hacen rotar al tórax alrededor del eje vertical del tronco.

Las crestas ilíacas de Lucy están tan separadas porque las alas ilíacas tienen mucho vuelo, es decir, están horizontalmente dispuestas y sus caras externas miran hacia abajo más que de lado. Seguramente este vuelo tiene que ver con el mecanismo estabilizador de la cadera, es decir, con la abducción de la que ya hemos hablado mucho, que evita que al levantar un pie del suelo se colapse el cuerpo sobre el lado que está en el aire. Eso se consigue con la contracción de los músculos abductores, que nivelan la pelvis. En favor de esta tesis está la gran longitud del cuello del fémur de Lucy y de los demás australopitecos, que parece favorecer el brazo de la potencia de los músculos abductores, mejorando su biomecánica.

Pero para que la caja torácica tenga forma de embudo invertido, como en los chimpancés, no basta con que la abertura inferior sea ancha, hace falta también que la superior sea estrecha, y ahí es donde la reconstrucción de los australopitecos de Peter Schmid es más discutible. Vamos a ver ahora qué dicen los fósiles.

## ¿EMBUDO, CAMPANA, BARRIL O BOTELLA?

La verdad es que reconstruir en tres dimensiones una caja torácica no es nada fácil porque las costillas son huesos frágiles que se conservan muy mal.

En un yacimiento de Etiopía llamado Woranso-Mille, el equipo dirigido por Yohannes Haile-Selassie encontró en 2005 parte de un esqueleto masculino con 3,6 millones de años de antigüedad que pertenece a la misma especie de australopiteco que Lucy (*Australopithecus afarensis*), aunque es más antiguo. Como es un

individuo grande para su especie (aunque los hay mayores) le pusieron el nombre (en lengua afar) de Kadanuumuu, traducido al inglés como Big Man, apodo que utilizaré para facilitar la lectura en lugar de su número de catálogo (KSD-VP-1/1).

Big Man conserva algunos elementos de la caja torácica, y de su estudio[2]deducen los investigadores que la abertura superior no era pequeña como se esperaría si tuviera una forma de embudo invertido. Más concretamente, se basan en un fragmento de la segunda costilla, que no presenta una curvatura tan grande como la de los chimpancés. El razonamiento es este: cuanto mayor sea la curvatura de las primeras costillas, más cerrada estaría la caja torácica por arriba, y cuanto más amplio sea su arco, más abierta.

Ahora bien, la pelvis tiene características típicas de australopiteco, y sería ancha al nivel de las crestas ilíacas, por lo que la caja torácica debería ser también ancha por debajo, deducen los investigadores. En consecuencia, la forma de la caja torácica de Big Man no sería de embudo como en los chimpancés, ni tampoco de barril como en nosotros, sino más bien de campana, un modelo de caja torácica inexistente en las especies actuales.

Tenemos ya tres modelos de caja torácica: en embudo invertido, en campana y en barril, pero no termina aquí la cosa.

En Sudáfrica, no lejos de Sterkfontein, hay un yacimiento también en cueva llamado Malapa, donde el americano Lee Berger ha encontrado dos esqueletos bastante completos de australopiteco, asignados a un adolescente macho (MLH1), apodado Karabo, y a una hembra adulta (MLH2), de sobrenombre Issa. De esta última ya hemos hablado antes a propósito del parto y de la anchura bicrestal, y volveremos a mencionarla enseguida. A juicio de los investigadores, la abertura superior del tórax es estrecha, como en los grandes simios. Con este dato esperaríamos que la forma de la caja torácica fuera en embudo invertido, pero no es así. La parte inferior de la caja torácica no se ha conservado, pero los autores del estudio la infieren de la forma de la pelvis mayor, que se conserva parcialmente. En estos dos individuos las alas ilíacas no tienen el mismo vuelo que en Lucy, sino que son más verticales, por lo que la abertura inferior del tórax sería —según ellos— estrecha, habida cuenta de la correspondencia que debe existir entre la abertura inferior del tórax y el borde superior de la pelvis mayor: a caderas anchas, cajas torácicas anchas por abajo, a

caderas estrechas, cajas torácicas estrechas por abajo.

Tendríamos ahora, en Malapa, un cuarto modelo de caja torácica, a la que no sabría yo qué nombre poner: estrecha por arriba y *normal* (es decir, como la nuestra) por abajo. ¿Quizás forma de botella? Yo le encuentro más parecido a una frasca de vino, pero no sé si todo el mundo sabe lo que es.

Los investigadores del yacimiento sudafricano piensan que la caja torácica de los primeros homininos era cónica como en los chimpancés, y que en una segunda etapa de la evolución humana se estrechó por abajo, como se ve en Malapa. Más adelante, en una especie posterior, se ensanchó la abertura superior de la caja torácica y esta adquirió la forma en tonel que caracteriza a nuestra especie.

En resumen, estos autores opinan que en la especie de Malapa se puede ver el desarrollo incipiente de una cintura estrecha de tipo humano, con una columna lumbar relativamente larga y móvil, en la que los músculos oblicuos del abdomen se han reposicionado para controlar mejor la rotación del tronco al andar y correr. Sin embargo, el estrechamiento superior de la caja torácica, combinado con una posición elevada del omóplato, probablemente limitaría, a su juicio, la capacidad de balancear los brazos durante la marcha o la carrera. Además, tal morfología podría haber limitado la elevación de la parte alta de la caja torácica durante la inspiración, reduciendo la capacidad para llevar a cabo una ventilación forzada al andar o correr.[3]

Pero conviene recordar lo que se dijo a propósito de la anchura bicrestal: aunque la pelvis de Issa, la hembra de Malapa, sea más estrecha que la pelvis de Lucy (y seguramente que las de Little Foot y Stw 431), no es más estrecha que la pelvis del esqueleto Sts 14. Ambas hembras de australopiteco (Issa y Sts 14) siguen entrando cómodamente en el rango de valores de los chimpancés. En consecuencia, me parece a mí que para su tamaño la caja torácica de Issa no sería estrecha en su abertura inferior, sino ancha.

## Líos de especies

La posición evolutiva de la especie de australopiteco de Malapa (*Australopithecus sediba*) no está clara. Por su cronología, algo inferior a los dos millones de años, se trataría de la especie más reciente de

australopiteco, la última en extinguirse. Recientemente se ha publicado el descubrimiento de un cráneo infantil en una cueva sudafricana no muy lejana, llamada Drimolen, que se atribuye a *Homo erectus*. El ejemplar se data en dos millones de años, por lo que sería el primer fósil de esta especie y habría vivido antes que el australopiteco de Malapa.

Lee Berger y sus compañeros ven rasgos evolucionados en dirección humana en *Au. sediba*, como esas alas ilíacas verticales a las que hemos hecho referencia (aunque en realidad las caderas no sean tan estrechas). Podría ser que esta especie de australopiteco conviviera con el *Homo erectus* en Sudáfrica y que al mismo tiempo fuera su antepasado. No siempre una especie se transforma en su totalidad en otra, y en ocasiones ocurre que solo una parte pequeña de la especie antepasada es la que evoluciona, en algún lugar aislado, para producir una nueva especie, por lo que la coexistencia de la especie madre y la especie hija es posible. Este modelo evolutivo es el que preconiza una escuela de paleontólogos a los que se llama «puntuacionistas» porque siguen la llamada «teoría de los equilibrios puntuados» de los americanos Niles Eldredge y Stephen Jay Gould.

Para ampliar aún más la diversidad de especies, en esa misma cueva de Drimolen y en otra también cercana llamada Swartkrans hay convivencia de *Homo erectus* con *Paranthropus robustus*, otro tipo de hominino, este muy parecido a los australopitecos en todo salvo en el aparato masticador, que está más desarrollado.

Nos falta, por supuesto, hablar del tórax de Little Foot, el australopiteco mejor conservado de todos. El estudio todavía no está concluido, pero ya nos adelantan[4]que la abertura superior del tórax es estrecha, y por lo tanto diferente de la reconstrucción del esqueleto del Big Man de Woranso-Mille.

## *SOBREMÚSCULO*

Es difícil reconstruir una caja torácica incluso en el caso de que aparezca un individuo enterrado y entero, porque el problema estriba en reconstruir en tres dimensiones una jaula que por efecto del aplastamiento de la tierra ha quedado plana, chafada, es decir, en dos dimensiones.

En la Sima de los Huesos de Atapuerca hay muchos esqueletos, al menos veintinueve, pero están mezclados. Y es que la Sima no es un lugar de enterramiento de cuerpos en fila (¡no cabrían!), sino un lugar de acumulación de cadáveres al pie de una sima de catorce metros de caída en el interior profundo de una cueva. Por lo tanto no se puede reconstruir directamente una caja torácica entera, aunque sí conocer las características de las costillas y sus curvaturas, lo que permite una aproximación al problema.

Los fósiles de la Sima de los Huesos son preneandertales, es decir, antepasados de los neandertales, y por lo que sabemos no serían muy diferentes de los neandertales en el tronco. Pero recuerde que cuando estudiamos la pelvis vimos que los neandertales son conservadores en esta parte del esqueleto, y que los que hemos cambiado somos nosotros, estrechando el cilindro corporal.

Existe un neandertal procedente de un enterramiento que conserva todo el tronco. Se encontró en el yacimiento israelí de Kebara. A este individuo, que se piensa que es masculino, se le calculan una estatura de 165,5 centímetros y un peso de setenta y cinco kilos. Su edad sería de unos treinta y cinco años.

Como nos preocupa la salud y somos conscientes de que el sobrepeso puede producir un aumento del colesterol, hipertensión arterial y diabetes, cada vez más personas vigilan su índice de masa corporal (IMC), que se calcula dividiendo nuestro peso en kilogramos por el cuadrado de nuestra estatura en metros. Hay muchas páginas de internet que hacen ese cálculo si se introducen los datos y nos dicen en qué franja estamos, teniendo en cuenta nuestra edad y sexo.

Si calculamos a partir del peso y de la estatura el índice de masa corporal de Kebara veremos que para su sexo y edad este individuo se situaría en la franja de sobrepeso. Eso se debe a que los neandertales eran más fuertes que los humanos actuales y para la misma estatura pesaban más que cualquiera de nosotros, por muy musculosos que seamos. Y yo creo que la estimación del peso del neandertal de Kebara se queda corta, porque no tiene en cuenta que sus huesos eran más compactos y pesados que los nuestros, como ya ha quedado dicho en este libro.

Sea cual sea el peso ideal que usted tenga, un neandertal de la misma estatura y sexo pesaría entre cinco y diez kilos más. De puro músculo.

Los neandertales no tenían sobrepeso, sino *sobremúsculo*.

## Los pulmones están hechos para respirar

Uno de los paleoantropólogos de Atapuerca, Asier Gómez-Olivencia, ha liderado un equipo que ha conseguido reconstruir en tres dimensiones la caja torácica de Kebara.[5]Cuando se hace la comparación con los humanos modernos se aprecian algunas diferencias. Una de ellas tiene que ver con la posición de la columna vertebral en relación con las costillas.

Recordará que en los primates que no son simios (ni humanos) la caja torácica *cuelga* de la columna vertebral cuando andan a cuatro patas, con las dos escápulas a los lados del tórax, que está comprimido mediolateralmente (de lado a lado). Esta es la situación normal en un mamífero cuadrúpedo. En cambio, se dijo, el tórax de los simios (y humanos) está aplastado dorsoventralmente y las escápulas se disponen en la espalda, ocupando un mismo plano frontal, y no dos planos sagitales (uno a cada lado) como en los demás primates.

Pues bien, en los simios la columna vertebral se *mete* dentro de la caja torácica, avanzando un poco hacia el esternón. En biología, cuando una superficie se repliega, se dice que se invagina, y por eso se habla de que en los simios y humanos la columna «se invagina dentro del tórax».

En los humanos actuales la invaginación de la columna vertebral dentro del tórax es mayor que en los simios, y en Kebara era todavía más grande. Parece que esta sería la norma en los neandertales. El estudio del tórax de Kebara también indica que las costillas eran más horizontales que las nuestras, y que la parte inferior de la caja torácica tenía más vuelo hacia abajo, se abría más, se acampanaba. No es sorprendente este acampanamiento de la caja torácica porque se corresponde con una pelvis más abierta en los neandertales y demás *humanos arcaicos*. Recuerde: a caderas más anchas, caja torácica más ancha por abajo.

Sin embargo, el volumen de aire contenido en la caja torácica de Kebara no necesariamente tenía que ser superior al de un humano actual de su estatura, porque seguramente el tórax más ancho por abajo del neandertal se vería compensado por la mayor «invaginación

de la columna» dentro de la caja torácica, y (tal vez) por una menor altura de la propia caja.

Pero el volumen no lo es todo. La forma también cuenta a la hora de valorar la capacidad respiratoria de los neandertales, como explicaré ahora.

## Un émbolo para dos cavidades

Para terminar este capítulo voy a dedicarle un párrafo al diafragma, que ya había salido en estas páginas a propósito de la prensa abdominal y de su funcionamiento como émbolo cuando se produce una inspiración forzada a la hora de defecar o en el parto. También lo mencioné en relación con la maniobra de Heimlich, en la que el émbolo funciona en sentido contrario: provocando una espiración forzada para expulsar por la boca un bocado de comida que se ha ido «por el otro lado».

El diafragma es pues un músculo que separa las cavidades abdominal y torácica. Tiene forma de doble cúpula, convexa hacia la cavidad torácica y cóncava hacia la abdominal. Está anclado en el borde de la abertura inferior de la caja torácica, así como en las vértebras lumbares.

Durante la inspiración, la doble cúpula de este músculo respiratorio desciende y se aplana, mientras que la caja torácica se ensancha *sobre todo en la parte inferior*, y de ahí la hipótesis de que un tórax que ya está de por sí acampanado, como el de los neandertales y demás *humanos arcaicos*, tendría una mayor capacidad respiratoria. Parece que esto es lo que se ve en los humanos actuales y lo que muestran los modelos virtuales de la respiración.

Hemos hablado de la invaginación de la columna vertebral en el tórax, y de cómo avanza hacia el esternón como si quisiera convertirse en el eje central del tórax. Pero todavía no he hablado de la columna vertebral, sus curvas y sus músculos. Vamos a darle la vuelta al *Diadúmeno* para verlo por la espalda.

Pelvis masculina. *Gray's Anatomy*

# LA COLUMNA VERTEBRAL Y SUS MÚSCULOS

*Todos sabemos dónde está la columna vertebral porque la vemos y la tocamos, y todos sabemos que tiene curvas. Unos tramos de la columna se arquean hacia delante y otros se arquean hacia atrás. Ese es un privilegio exclusivo de la especie humana, y ni siquiera de todos sus miembros, porque nacemos sin las curvaturas de la espalda. Las vamos adquiriendo en los primeros meses de vida hasta que ya, por fin, echamos a andar. Hay unos músculos que mantienen la espalda derecha, erguida, y de esos nos ocuparemos también en este capítulo. Tienen nombres técnicos pero se los puede agrupar bajo esta descripción fácil de entender y de recordar: los músculos que mantienen la columna erguida, los músculos erectores de la columna. Lo curioso es que no son subcutáneos, porque están cubiertos por los músculos del capítulo siguiente, pero así y todo se transparentan a través de ellos. ¿No ha visto que en la parte baja de la espalda se forman dos cilindros de músculo, uno a cada lado de la columna?*

## Los amortiguadores

Dice el primatólogo Adolph H. Schultz que la columna vertebral humana se parece al tronco de un árbol, más grueso cuanto más cercano al suelo, porque transmite todo el peso cuando estamos sentados o de pie. En los cuadrúpedos la columna vertebral se parece más a la viga de un puente, de grosor uniforme. Además, como recordará del capítulo anterior, en los grandes simios y (todavía más) en los seres humanos, la columna vertebral «se invagina en el tórax» para ocupar una posición de pilar central. Así pues, la columna vertebral humana se va engrosando hacia la última vértebra lumbar, que es la que se articula con el sacro. La famosa quinta lumbar que tantos disgustos nos da, y de la que hablaremos más.

Pero, aunque se compare la columna vertebral con el tronco de un árbol, no se trata de un árbol recto sino de uno sinuoso de arriba

abajo.

En el ser humano, que camina erguido, el impacto del choque con el suelo durante la locomoción es absorbido por medio de una serie de curvaturas, que funcionan como amortiguadores. Para ello han de tener una cierta flexibilidad, y al mismo tiempo consistencia y capacidad de recuperar la curvatura original, es decir, la elasticidad de un muelle.

Las curvaturas que primero contactan con el suelo las conocemos bien, porque son los arcos longitudinales y transversos de la bóveda plantar. Pero en la columna vertebral hay también tres curvaturas elásticas, que son la curvatura cervical, convexa hacia delante (es una lordosis, en lenguaje técnico); la curvatura torácica, convexa hacia detrás (una cifosis es como se dice), y la curvatura lumbar, convexa hacia delante como la cervical (lordosis). El sacro también está curvado y es convexo hacia detrás (cifosis), pero las vértebras sacras están soldadas y no transmiten el peso del cuerpo hacia abajo. Solo la primera vértebra sacra lo hace lateralmente hacia el coxal, que a su vez se articula en el acetábulo con la cabeza del fémur. Y de ahí el peso baja por las piernas hasta las plantas de los pies. Como el sacro no transmite el peso, su curvatura es rígida, no elástica.

Entre las vértebras que componen esos tres arcos flexibles hay unos discos intervertebrales que son comprimibles y actúan como almohadillas. La prueba de la flexibilidad de la columna vertebral y de la bóveda plantar es que si hemos andado mucho durante el día nuestra estatura se hace menor, y nuestro pie se alarga. A la mañana siguiente, después de dormir, recuperamos nuestra estatura y talla de pie.

Cuando nacemos solo hay una curvatura vertebral, porque todo es una gran cifosis. La columna vertebral está arqueada hacia atrás. En eso somos como los demás primates. Pero a los tres o cuatro meses se forma la lordosis cervical y los niños pueden levantar la cabeza por sí solos. Sin esa curvatura cervical que permite doblar el cuello, ¿cómo podría la cabeza levantarse?

Luego se forma la cifosis torácica, sobre los ocho o nueve meses, y los niños se sientan y gatean.

Finalmente, en torno al año aparece la lordosis lumbar y nuestros hijos se ponen de pie. No podríamos tenernos de pie si no fuera por esa lordosis lumbar porque, recuerde, la pelvis está inclinada hacia

delante, es un cuenco que está volcado unos 55°. Si la columna lumbar fuera recta, el tórax mantendría la misma inclinación. Pero al curvarse la columna lumbar, el tórax se pone vertical.

## También hay que pensar

El número de vértebras varía entre los primates, y también las proporciones relativas de los diferentes segmentos vertebrales. Y por supuesto los monos tienen muchas más vértebras caudales que los simios y que los humanos, que no tienen cola (algunos macacos tampoco la tienen, como sabemos).

El número de vértebras cervicales es casi siempre el mismo (siete) en todos los primates, pero no su longitud relativa al tronco, que es mayor en los simios y humanos (los hominoideos) que en los monos. En cambio, la región lumbar se ha reducido en los hominoideos (recordemos, los simios y humanos), tanto en el número de vértebras como en su longitud en relación con el tronco, que sigue este orden: monos del Viejo Mundo, humanos, gibones y grandes simios, que son los primates con una columna lumbar más corta.

Como explicaba Adolph H. Schultz, en los grandes simios se ha producido (evolutivamente hablando) un desplazamiento de la pelvis en dirección craneal. Al acortarse la columna lumbar se ha *movido* la cadera hacia la cabeza, reduciendo distancias con la caja torácica hasta el punto de que la cresta ilíaca, que es el borde superior de la cadera, queda muy cerca de la última costilla. El tronco se ha hecho compacto por esa misma causa. Eso no ocurre en los monos, ni en los gibones ni en los humanos, y es un argumento a favor de que han sido los grandes simios los que han cambiado, no todos los demás primates.

Pero ese modelo evolutivo tiene un problema, que somos nosotros, los humanos, con nuestra columna lumbar larga. ¿Cómo era nuestro último antepasado común con los chimpancés (LCA)? Si tenía una columna lumbar corta se habría producido una vuelta a la condición de los gibones y los monos del Viejo Mundo (columna lumbar larga) en la línea humana, una reversión evolutiva que sería todavía más rara porque implicaría recuperar una o dos vértebras lumbares perdidas. Si por el contrario el antepasado común con los chimpancés tenía la columna lumbar larga, como nosotros, esta se

habría acortado en la línea de los chimpancés, y antes en la línea de los gorilas, y todavía antes en la de los orangutanes. Serían tres evoluciones paralelas.

Hacen falta más fósiles para resolver el dilema, pero me he detenido en este problema para explicar cómo se trabaja en el campo de la evolución. Ahora me gustaría que pensara usted en ello. Hablamos de un carácter: longitud de la columna lumbar, que solo tiene dos estados: columna lumbar corta o larga. Y se trata de reconstruir lo que ha pasado en la evolución. En este caso solo hay dos alternativas: una vuelta atrás en la especie humana hacia una columna lumbar larga, o tres evoluciones independientes y paralelas en cada una de las líneas de grandes simios hacia una columna lumbar corta.

Sí, ya sé que es un lío, pero a los científicos nos gustan estos acertijos. No todo es memorizar, les digo a mis alumnos, también hay que pensar.

## El hueso sacro, que Valverde de Amusco llamaba con razón el hueso grande

El hueso sacro, en cambio, tiene más vértebras en los hominoideos que en los monos. Recordará que la mona de Galeno solo tenía tres vértebras sacras, y que por eso yo sospecho que era un macaco de Berbería lo que diseccionaba el sabio de Pérgamo. El sacro es además considerablemente más voluminoso y pesado en nosotros que en los grandes simios, como ya se ha dicho, porque las *alas sacras* se han expandido lateralmente para aumentar la cavidad pélvica, ya que por ella tiene que pasar un feto a término en las madres.

Tengo encima de la mesa una réplica exacta del sacro de Lucy ahora mismo, y me asombro de lo ancho que es el sacro a pesar de lo diminuta que era ella. Se ha discutido cuántas vértebras tiene este sacro, si cinco como en los humanos o cuatro como en los chimpancés. Todo depende de la vértebra más inferior del fósil, que algunos han interpretado como una vértebra caudal fusionada, y no una sacra, pero finalmente parece que es una vértebra sacra. Los australopitecos tenían, parece ser, la misma fórmula vertebral que tenemos nosotros: 7 vértebras cervicales, 12 torácicas, 5 lumbares y 5 sacras.

A causa de la posición bastante horizontal del sacro, la

articulación de la quinta vértebra lumbar con la primera vértebra sacra está inclinada, lo que hace que pueda resbalar la quinta vértebra lumbar sobre la primera sacra y dislocarse. Esta patología, dolorosa en general y que además puede dificultar el parto, se conoce como espondilolistesis. La pelvis de la Sima de los Huesos que conocemos como Elvis la padecía, junto con otros problemas articulares asociados seguramente a su avanzada edad. No sabemos con cuántos años murió, pero con toda seguridad superaba los cuarenta y cinco.

## Vértebras y discos

Hablemos un poco de las vértebras. Se componen de un cuerpo vertebral, por el que se transmite el peso a lo largo de la columna hasta la articulación de la quinta y última vértebra lumbar con el sacro.

Por detrás del cuerpo vertebral, dorsalmente, las vértebras tienen un arco posterior (o arco neural) que abraza la médula espinal, que recorre toda la columna por este canal espinal. De este arco posterior salen dos apófisis transversas, cada una hacia un lado, y una apófisis espinosa, dirigida dorsalmente. Esta última es la que podemos ver en la espalda y recorrer con los dedos, como si fuera una cresta. La vértebra más prominente, la que tiene una apófisis espinosa más saliente, es la séptima y última vértebra cervical, que clásicamente se ha llamado por eso vértebra prominente. No se olvide de estas apófisis, las espinosas y las transversas, porque son un punto de anclaje de muchos músculos de la espalda y nos tendremos que referir a ellas.

Las vértebras cervicales, torácicas o dorsales son diferentes entre sí en muchas cosas que no tenemos oportunidad de estudiar aquí. Las apófisis transversas de las vértebras lumbares, por ejemplo, son especiales y se llaman apófisis o procesos costales («apófisis» y «proceso» son términos equivalentes en la anatomía del esqueleto). A veces la apófisis costal de la primera vértebra lumbar no está fusionada, y se llama costilla lumbar. La última lumbar puede *sacralizarse*, es decir, fusionarse con el sacro.

Las dos primeras vértebras cervicales, llamadas atlas y axis, son también muy especiales, como se verá cuando hablemos de la posición

de la cabeza.

## Las curvas de los fósiles

Como los discos intervertebrales no se conservan en los fósiles porque no están hechos de hueso, se complica la cuestión de cómo reconstruir las curvaturas de la columna vertebral en las especies extinguidas, incluso en el caso ideal de que se conservasen esqueletos enteros. Pero los cuerpos vertebrales nos dan una valiosa pista: cuanta más forma de cuña tengan, mayores eran las curvaturas de la columna. Si los cuerpos vertebrales no están acuñados es que no había curvaturas.

Nadie duda de que los australopitecos tenían exactamente las mismas cifosis y lordosis que nosotros, pero sería importante saber si había diferencias en el grado de curvatura y lo mismo podríamos decir de los neandertales. La verdad es que no hay muchos trabajos al respecto.

Un caso excepcional de conservación es el de la hembra de australopiteco apodada Issa, de la que se han recuperado cuatro de las cinco vértebras lumbares. El estudio de esta columna lumbar indica que Issa tenía una lordosis similar a la nuestra, y que las apófisis espinosas y las apófisis costales estaban bien desarrolladas, proporcionando una buena palanca a los músculos que se insertaban en ellas. Los autores del estudio concluyen que esta especie de australopiteco (*Au. sediba*) estaría bien constituida tanto para trepar por los árboles como para andar sobre las piernas.[1]

Como ya está dicho, se cree que en los neandertales la columna vertebral estaba más «invaginada en la caja torácica» que en las poblaciones actuales, es decir, ocupaba una posición más anterior. También parece que en los neandertales el hueso sacro estaba más adelantado dentro del anillo que forma la pelvis (era más ventral) y al mismo tiempo tenía una orientación más vertical. Las posiciones adelantadas de la columna vertebral dentro del tórax y del hueso sacro dentro del anillo pélvico podrían estar relacionadas entre sí, desde luego. Por otro lado, la orientación más vertical del hueso sacro podría asociarse con una menor curvatura (lordosis) lumbar, lo que se conoce como «hipolordosis». En resumen, los neandertales tendrían al mismo tiempo una espina dorsal menos sinusoidal (con las curvaturas

menos marcadas) y más adelantada (más ventral). Como la pelvis de la Sima de los Huesos llamada Elvis es similar a la de los neandertales, este diseño de la espina dorsal y de la pelvis podría tener cientos de miles de años. ¿Pero cuántos?

La cuestión que viene ahora es la de cuál era el diseño anatómico del antepasado común de neandertales y humanos modernos, es decir, el de *Homo erectus*, para simplificar. La israelí Ella Been y otros autores[2]opinan que el modelo de *Homo erectus* sería sinusoidal como lo es el nuestro, y no *recto* como el de los neandertales y sus antepasados de la Sima de los Huesos (aunque sería más propio decir «menos recurvado» que llamarlo «recto»).

El modelo que les atribuyen estos autores a los australopitecos (basándose en el esqueleto de la pequeña hembra Sts 14 de Sterkfontein, que ya conocemos) es una combinación de los dos diseños anteriores, porque se diferencia del nuestro en que la lordosis cervical sería menor, pero no la cifosis torácica ni la lordosis lumbar.

## Sexo personalizado

Hasta ahora hay pocos fósiles y habremos de esperar a futuros descubrimientos para establecer la secuencia completa de cambios en la columna vertebral humana. Pero hay una cosa que me intriga de los australopitecos, y sobre la que me propongo profundizar cuando tenga tiempo. Muchos autores sostienen que el pubis de Lucy está más bajo que en nuestra especie y también que en la Sima de los Huesos y en los neandertales. Eso querría decir que el arco púbico ocuparía una posición menos ventral y más inferior que en los humanos actuales, algo que tendría implicaciones en el parto y en la cópula. En los monos y simios la cópula más frecuente es la dorsal, aunque no se excluye la ventral. En nuestra especie es al contrario. ¿Y en los australopitecos?

En todo esto hay algo más en juego que la mecánica del sexo porque se ha escrito que en la cópula ventral los amantes se miran a la cara, y el sexo se *personaliza*, por así decir. ¿Tendrían Lucy y sus congéneres *sexo personalizado*?

Las posturas de vida moderna nos han llevado a tener una relación de conflicto con nuestra propia columna vertebral, por lo que los músculos que la mantienen erguida, es decir, los músculos erectores de la columna, son de interés general y no solo de los médicos y fisioterapeutas. Por eso me he decidido a dedicarles un apartado en el texto principal, aunque aparezcan muchos términos anatómicos. Espero que no le parezcan excesivos. Los he simplificado al máximo, pero no más.

Para entender correctamente la biomecánica del cuerpo humano es muy bueno clasificar los músculos por parejas. Dos músculos pueden trabajar simultáneamente colaborando en una acción y se llaman músculos sinérgicos o sinergistas, o pueden oponerse.

Lo que me interesa ahora es que el cuerpo humano funciona gracias a estos pares de músculos que tienen *oficios* opuestos. Todo músculo tiene su rival, su antagonista.

Si el recto mayor (la *tableta*) al contraerse aproxima la caja torácica al pubis como podemos comprobar cuando nos tumbamos y realizamos esas flexiones que se llaman *abdominales*, ¿quién hará el movimiento contrario de alejar la caja torácica del pubis? Sin duda unos músculos que trabajen en la espalda y extiendan la columna vertebral, la pongan derecha. Eso sí, conservando sus curvaturas, aunque parezca una contradicción. Derecha, vertical, pero no recta.

El más conocido de estos músculos extensores de la espalda es el llamado músculo **erector de la columna**. Su función ya la explica el propio nombre: mantener la columna derecha. Antes se llamaba músculo **sacroespinal** porque se origina en el hueso sacro y va a la espina dorsal o columna vertebral. Pero, en realidad, el músculo erector de la columna no es un músculo único, sino que se compone de tres músculos paralelos y verticales, como tres pilares, que reciben los nombres de músculo **iliocostal** (el que ocupa una posición más lateral en la espalda), músculo **dorsal largo** (en posición intermedia) y músculo **espinoso** (en el centro de la columna, es decir, en posición medial). Son músculos pares, así que la misma disposición se repite, en espejo, al otro lado.

Para que los sitúe anatómicamente le diré que los músculos erectores de la columna ocupan los canales vertebrales, que son los

dos espacios, uno a cada lado, que quedan entre las apófisis espinosas de las vértebras (las que sobresalen en la espalda) y las costillas.

Empezando por el más lateral de los tres, el músculo iliocostal se origina en la pelvis, concretamente en el sacro y en la cresta ilíaca, y llega hasta las vértebras cervicales.

El lomo ibérico que tan rico nos sabe a muchos está formado por el m. dorsal largo. Ahora ya sabrá lo que se está comiendo la próxima vez que ataque cuchillo en mano una caña de lomo ibérico (si es usted carnívoro y su religión se lo permite), y entenderá por qué es tan larga. En latín es el *musculus longissimus*, y el nombre hace obviamente referencia a su gran longitud, ya que se origina en el sacro y llega hasta el cráneo, insertándose en la apófisis mastoidea. Hablaré de esta apófisis en su momento porque es importante. No se preocupe por el nombre: localizarla y tocarla es lo más fácil del mundo.

El más central de los tres músculos del erector de la columna es el m. espinoso, que recorre las apófisis espinosas de las vértebras de la columna, tanto de las lumbares superiores como de las torácicas y de las cervicales, pero no suele llegar al cráneo.

También en posición medial, pero más profundo que el m. espinoso, corre el músculo **semiespinoso**. Este último se relaciona con las vértebras torácicas y cervicales, tiene una porción cefálica que se inserta en el hueso occipital en la región de la nuca y es un músculo muy importante en los movimientos de la cabeza, por lo que el paleontólogo no puede perderlo de vista.

Más profundo todavía que los músculos espinoso y semiespinoso se encuentra el músculo **multífido** (o los m. multífidos, si se quiere expresar en plural, porque son muchos fascículos). Es un músculo que recorre toda la columna desde el sacro hasta la segunda vértebra cervical. El m. multífido se engrosa en la región lumbar, donde forma los dos cilindros verticales y paralelos tan visibles a los lados de la columna, que queda hundida en un surco central cuando la espalda está en tensión. En cambio, si flexionamos hacia delante la columna vertebral (si la arqueamos) las apófisis espinosas sobresalen formando la «cresta de la espalda», que ya no queda deprimida en un surco entre dos pilares musculares.

Mantener tonificado el multífido por medio del ejercicio adecuado es un seguro contra el dolor de espalda y por eso le he dedicado un párrafo entero a este músculo. Ahora le corresponde a

usted arquear y extender la columna vertebral para observar las apófisis espinosas de las vértebras y los dos engrosamientos del multífido. Me temo que no va a poder mirarse su propia espalda, por lo que va a necesitar la espalda de otra persona. En realidad, la anatomía de superficie de la que hablamos aquí se estudia mejor en parejas.

Y por debajo del multífido, en la capa más profunda de todos los músculos de la columna, están los músculos **rotadores de la columna**.

Todos los músculos de la espalda mencionados hasta ahora forman parte de la denominada musculatura dorsal autóctona y, por definición, son inervados por las ramas dorsales de los nervios espinales. Eso quiere decir, en la práctica, que se tiene en cuenta la historia de un músculo para considerarlo dorsal autóctono o no. Y es que a lo largo de la evolución un músculo puede emigrar y cambiar de sitio, reuniéndose con otros que tienen diferente origen. ¿Cómo se sabe que un músculo es un *migrante*? Precisamente por el nervio que llega hasta él. Tirando de ese hilo averiguamos su procedencia evolutiva.

Columna vertebral. *Gray's Anatomy*.

# NUCA Y ESPALDA

*Si lo piensa bien su cabeza está en equilibrio sobre el cuello. Puede bascular hacia delante o hacia atrás. En realidad es como un balancín de parque, es decir, una palanca de primer grado. Lo que hace que se incline hacia el pecho es el peso de la cabeza, es decir, la gravedad. Lo que hace que se incline hacia detrás es la acción de los músculos de la nuca.*

*En este capítulo le voy a pedir que se toque la nuca hasta que encuentre una prominencia ósea, un bulto muy notable. Hay personas que el día que por casualidad lo descubren accidentalmente al pasarse la mano por la nuca se llevan un susto de muerte y piensan que están gravemente enfermas de cáncer o algo por el estilo. Y van al médico, que les dice que no se preocupen, que es el inión. Pero ahora hay gente que nos avisa de que si se utiliza mucho el teléfono móvil ¡se puede desarrollar un cuerno en ese lugar de la nuca! ¿Qué historia es esa del cuerno nucal? Habrá que hablar de ella.*

*Nadie que se interese por la anatomía artística, o simplemente por el cuerpo desnudo, desconoce los músculos dorsal ancho y trapecio. Son los que recubren toda la musculatura de la espalda. Es imposible no verlos en una persona musculada.*

## ¿POR QUÉ NO SE NOS CAE SIEMPRE LA CABEZA HACIA DELANTE, COMO CUANDO NOS DORMIMOS Y DAMOS UNA *CABEZADA*?

La respuesta a esta pregunta está en los músculos nucales, que tiran del cráneo hacia atrás para recuperar la posición vertical cada vez que damos una cabezada... y aunque no la demos. Lo que quiere decir la pregunta del encabezamiento, por supuesto, es por qué no se flexiona la cabeza hacia delante, por qué no tocamos con la barbilla en el pecho todo el tiempo, cómo hacemos para mantener la cabeza erguida. Y eso es lo que vamos a ver ahora.

El cráneo humano se articula por su base con la primera vértebra

de la columna, que se llama atlas. Para ello hay dos cóndilos articulares a los lados del gran agujero de la base del cráneo, que se llama en anatomía *foramen magnum* (lo mismo, pero en latín). Yo creo que ese tecnicismo lo conoce la mayoría de la gente y lo utilizaré. Por ese gran orificio entra la médula espinal en el interior del cráneo. Un cóndilo, por cierto, es una eminencia o protuberancia. Pero no esférica, sino alargada, y forma la parte convexa de una articulación.

Los dos cóndilos articulares de la base del cráneo se encuentran en el hueso occipital, por lo que son llamados cóndilos occipitales, y se articulan con sendas concavidades ovaladas del atlas. Es un tipo de articulación del que no hemos hablado hasta ahora y que se llama «condílea». Permite dos tipos de movimientos, en dos planos diferentes, ya que podemos mover la cabeza de delante atrás como para decir sí y de lado a lado, inclinándola. Piense en ello y haga los ejercicios correspondientes.

El atlas es una vértebra muy diferente de las otras porque no tiene cuerpo vertebral, sino dos arcos, uno anterior y otro posterior. A su vez el atlas se articula con otra vértebra *rara* por debajo, que es el axis. *Axis* en latín significa «eje». Esta vértebra tiene una apófisis vertical en forma de pivote, el diente del axis (o apófisis odontoides), que se articula (por dentro) con una carilla del arco anterior del atlas. Puede imaginarse a esta apófisis como la perilla o pomo de una silla vaquera de montar a caballo.

La articulación entre el atlas y el axis permite los movimientos de rotación de la cabeza, como en la negación. Aunque hay culturas que niegan y afirman al revés que en Occidente. Este tipo de articulaciones giratorias se llaman en anatomía «articulaciones en pivote».

Efectivamente, la cabeza tiende a vencerse hacia delante y los músculos de la nuca compensan ese momento angular o cinético, como se dice en física, tirando desde detrás. Biomecánicamente, la cabeza sostenida en equilibrio sobre el atlas es una palanca de primer grado, del tipo de las balanzas romanas o de los balancines (o subibajas) de parque infantil. Es decir, hay un pivote o punto de apoyo (también llamado fulcro), que en la cabeza es la articulación con el atlas, un brazo de la resistencia, que es la distancia entre el centro de gravedad de la cabeza y la articulación, y un brazo de la potencia, que es la distancia hasta la articulación desde los músculos nucales (figura *Palancas corporales*).

Cuando en una palanca corporal el brazo de la potencia es más largo que el de la resistencia se dice que tenemos ventaja biomecánica. Estamos en mejores condiciones que la fuerza de la gravedad. Si no es así, y el brazo de la resistencia es más largo, tendremos desventaja biomecánica y la fuerza contra la que lucha nuestro cuerpo sale ganando.

Los cuadrúpedos no mantienen la cabeza en equilibrio *sobre* la columna vertebral, sino que está situada *por delante* de los hombros. Esta postura horizontal se llama pronógrada, como ya se ha dicho, aunque puede que se le haya olvidado porque fue hace mucho.

Sí que tienen en cambio la cabeza levantada sobre los hombros nuestros parientes los simios cuando se sientan o se cuelgan de los brazos. Esa es la postura ortógrada. Entonces se parecen mucho a nosotros. Un chimpancé o un gorila sentados son muy humanos de aspecto.

Pero solo en apariencia, porque su columna vertebral no tiene nuestras curvaturas, para empezar. Además, el *foramen magnum* de los simios está situado en una posición retrasada, no en el centro de la base del cráneo como en nuestro caso. Es por otro lado evidente que la cara está muy proyectada hacia delante.

Todo eso hace que la biomecánica del equilibrio de la cabeza sea muy desfavorable para los músculos de la nuca, porque el brazo de la resistencia es muy largo, mucho más que el de la potencia. Una cara muy alargada y una articulación del cráneo muy retrasada es lo peor que puede haber para mantener la cabeza en equilibrio. Literalmente, se les cae la cabeza hacia delante. Además, la región donde se insertan los músculos nucales en el hueso occipital no está orientada hacia abajo, como en nosotros, sino más bien hacia atrás como en todo cuadrúpedo.

Vemos pues que la adquisición de la postura erguida remodeló todo el esqueleto, no solo las piernas y los pies, aunque no nos lo parezca cuando vemos a un chimpancé sentado.

A lo largo de la evolución humana el brazo de la resistencia de la articulación de la cabeza se ha acortado, llegando al máximo en el *Homo sapiens*, que es la especie con menos prognatismo de nuestra historia evolutiva, la que tiene la cara más vertical y al mismo tiempo la articulación de la cabeza más adelantada. Además, nuestros músculos nucales tiran desde abajo, y no desde detrás, y la eficacia

biomecánica de un músculo es mayor cuanto más perpendicularmente actúe sobre la palanca. Todo eso hace que podamos mantener la cabeza levantada con poco trabajo.

Hubo un tiempo en el que a todas las especies humanas fósiles se las representaba con el cuello inclinado, lo que les daba un aire simiesco. Incluso a los neandertales se los pintaba así. Hoy ya no lo hacemos.

Nuestros antepasados no sabían biomecánica, pero nosotros sí y podemos asombrarnos del prodigio de nuestro diseño corporal. En lugar de ser una especie «mal hecha», como suele decirse porque tenemos problemas en la espalda a menudo, hay que ver nuestro cuerpo como una maravilla de la ingeniería biológica. No me canso de decirlo.

A los paleontólogos que estudian la evolución humana les interesan mucho los músculos nucales, como ya he explicado, porque la postura erguida no solo supone un rediseño de la columna vertebral sino también de la nuca, cuya orientación tiene que cambiar para mantener la cabeza en equilibrio sobre la columna con el menor esfuerzo posible. Son por lo tanto de conocimiento obligatorio para un paleoantropólogo, o incluso para un estudiante de máster de Evolución Humana. Reconozco que soy un friki de estos músculos, que he estudiado a fondo en los fósiles. Por si los necesita algún día, le dejo sus nombres en el brevísimo «Apéndice 6».

## Ese dolor lumbar

Ahora me gustaría mencionar aquí un músculo importante que está en esos lugares de la espalda baja, uno a cada lado de la columna, a los que se lleva usted las manos cuando tiene dolor lumbar. El músculo en cuestión se llama **cuadrado lumbar**. No pertenece a la musculatura propia de la columna, sino a la de la pared abdominal, de la que es un elemento profundo. A pesar de ello, funcionalmente es un músculo lateral de la columna lumbar.

El cuadrado lumbar es un músculo aplanado con forma cuadrada (lógicamente) que va desde la mitad posterior de la cresta ilíaca (en lo alto de la cadera) a la última costilla y a las apófisis costales de las vértebras lumbares segunda a cuarta.

Tomando la cadera como punto fijo, el cuadrado lumbar se comporta como un flexor lateral del tronco si la contracción se produce solo en un lado. Cuando estamos sentados y se nos cae un objeto a un lado de la silla, este es uno de los músculos que utilizamos para recogerlo. Como la cadera no puede bascular porque está fija en esa postura, flexionamos lateralmente el tronco.

Si estando de pie los dos cuadrados lumbares se contraen se produce la extensión de la columna vertebral y se exagera la lordosis lumbar (hiperlordosis lumbar).

El cuadrado lumbar también sujeta la última costilla durante la espiración y está activo en la exhalación forzada, como la tos o el estornudo.

Puede producir dolor en la parte baja de la espalda a causa de la adopción prolongada de posturas inadecuadas (para sentarse, por ejemplo). No en vano este músculo es también llamado cuadrado de los lomos, y ahí es donde nos duele.

## Las dominadas que nunca se dominan

Una forma intuitiva de dividir los músculos de la espalda es en una capa profunda, una capa media y una capa superficial. Los músculos de la columna de los que hemos hablado en el capítulo anterior corresponden a las capas profunda y media. A la capa que es subcutánea pertenecen dos grandes músculos que no se pueden pasar por alto en una anatomía humana, aunque sea ligera: el m. dorsal ancho y el m. trapecio. Como estos dos músculos abarcan toda la espalda, cubren la musculatura intrínseca de la columna, pero al ser poco gruesos dejan que se manifiesten los relieves subyacentes. Se quiere decir con esto que el dorsal ancho y el trapecio se amoldan al músculo erector de la columna.

El m. dorsal ancho es el músculo más grande en cuanto a la superficie que ocupa del cuerpo humano. Lo que entendemos por unas buenas espaldas consiste en unos m. dorsales bien desarrollados. Ya hemos hablado de este músculo antes, e incluso nos lo hemos tocado.

Si ahora miramos de costado al *Diadúmeno* del museo del Prado veremos perfectamente el borde anterior del m. dorsal ancho, que se dirige hacia abajo y hacia atrás en diagonal. Este músculo se inserta

en la parte alta del húmero, cerca de la axila, formando su pared posterior.

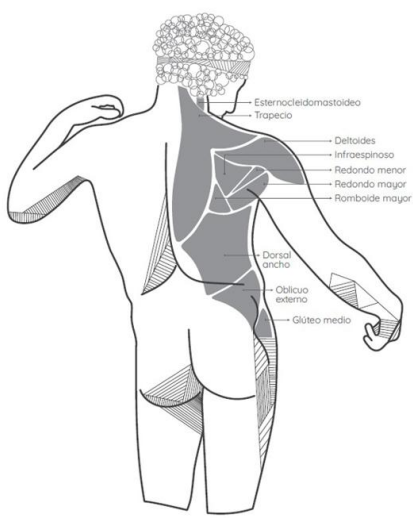
Como los simios tienen en las ramas de los árboles su particular gimnasio, los dorsales anchos de los dos chimpancés alopécicos que aparecen en vídeos y fotografías en la red están muy marcados. Los escaladores humanos también hacen amplio uso de estos músculos, porque se cuelgan de los brazos y tiran de ellos para subir por la pared. Se trata del mismo movimiento que se ejecuta en natación en los estilos crol y mariposa.

Hay por lo tanto dos músculos dorsales que recordar: el dorsal ancho y el dorsal largo, que es un erector de la columna.

## La pañoleta muscular

Hablaré ahora del m. **trapecio**, un músculo que cubre una gran parte de la espalda. Como es un músculo par (al igual que todos los anteriores), los trapecios de los dos lados juntos forman una figura que recuerda una estrella de cuatro puntas o una pañoleta. También evoca la capucha de un fraile caída sobre la espalda. ¿Se lo imagina?

LOS MÚSCULOS DEL *DIADÚMENO*




El vértice superior de la estrella llega hasta el hueso occipital, donde se inserta en el borde más alto de la nuca, que se llama por eso

línea nucal superior. Para que quede más claro su significado de límite entre dos regiones del hueso occipital yo la voy a llamar aquí «línea superior de la nuca».

En paleoantropología se utiliza el término «plano nucal» para referirse a la parte del hueso occipital donde se insertan los músculos nucales. Se corresponde bastante bien con lo que llamamos en el lenguaje normal la nuca. Póngase la mano en ella y lo entenderá. ¿La está tocando? La línea superior de la nuca es su límite por arriba. Su límite por abajo es el *foramen magnum* (el agujero grande de la base del cráneo). La orientación del plano nucal y la del *foramen magnum* sirven para conocer la postura de una especie fósil. En los grandes simios el plano nucal se orienta más hacia atrás que en los humanos, donde mira hacia abajo. Lo mismo (orientación inferior) pasa con los australopitecos, que también eran bípedos. Por ese motivo le pido que haga el esfuerzo por retener en la memoria el concepto de plano nucal. Volveremos a hablar de él varias veces y por cuestiones importantes. Para facilitar el trabajo yo lo voy a llamar informalmente «el plano de la nuca».

El vértice inferior de la estrella que forman los m. trapecios alcanza la última vértebra torácica y cubre en esa parte a los músculos dorsales anchos.

Los vértices laterales de uno y otro m. trapecios van a parar tanto a la escápula como a la clavícula.

El músculo trapecio es importante porque, al originarse en la nuca y en la columna vertebral e insertarse en la escápula y la clavícula, cumple la función de mantener la estabilidad de la cintura escapular, además de producir algunos movimientos de la escápula, tales como aproximarla a la columna vertebral (retraerla) o hacerla girar. Y por supuesto tira de la nuca hacia abajo, levantando la cabeza y extendiendo el cuello.

Aprovecho para indicar que el movimiento contrario a la retracción de la escápula es la protracción de la escápula, que consiste en alejarla de la columna vertebral. Recordará tal vez que el músculo serrato anterior producía esta acción. Así que el m. trapecio y el m. serrato anterior son antagonistas.

En anatomía artística el trapecio es muy visible en la base del cuello de los sujetos musculosos, donde forma parte del perfil del cuerpo (su silueta), y se ve tanto de espaldas como de frente.

Tocarse el músculo trapecio no es nada complicado. Solo para el caso de que desee saber más sobre estos dos músculos tan espectaculares, y un par de músculos más que mueven la escápula, tiene información en el «Apéndice 7».

## ¿El uso del teléfono móvil puede producir un cuerno en la nuca?

Le propongo un juego muy divertido. Cuando esté sentado en el cine, en el teatro, en un concierto, en un mitin político, en una iglesia, en una cancha o en una conferencia mire a ver si delante tiene a un hombre calvo (o colóquese a propósito detrás de uno). Ahora está de moda entre los calvos afeitarse completamente la cabeza y eso nos da la oportunidad de localizar, con la vista, la protuberancia occipital externa, que también se llama inión (o inion, sin tilde). Se trata de un tubérculo situado en el centro mismo de la línea superior de la nuca. Se ve muy bien. Pruebe a tocarse usted mismo ese tubérculo, que está más marcado en los hombres. Seguro que lo encuentra porque no es nada difícil.

Pues bien, a raíz de un reciente artículo científico[1]ha corrido la noticia de que el uso del teléfono móvil, de la tableta y de otros dispositivos electrónicos está haciendo que la protuberancia occipital externa o inión se desarrolle mucho más, de forma que se convierte en una especie de *cuerno occipital*. Se recomienda por ello no abusar de estos aparatos modernos. Yo estoy de acuerdo en que no se debe mirar tanto al móvil, pero por otras razones. Sin embargo, toda esta historia nos puede servir para aprender un poco más de anatomía.

Y es que al inión se adhieren un ligamento y un músculo fundamentales para el equilibrio de la cabeza: el ligamento nucal y el m. trapecio. Del ligamento nucal (o ligamento cervical posterior) no había hablado pero es muy importante. Va del inión a la apófisis espinosa de la séptima vértebra cervical. Limita la flexión de la cabeza y de las vértebras cervicales, como si de un tendón se tratase. Lo mismo hace el músculo trapecio, que además de adherirse al inión lo hace al ligamento nucal. Cuando inclinamos la cabeza el ligamento y el músculo se tensan, y cuando la levantamos se destensan. Por eso una tensión habitual y continuada puede resultar en un sobrecrecimiento óseo del punto de anclaje de ambos, que es la

protuberancia occipital externa o inión. Ese es el famoso *cuerno* que se achaca al abuso del móvil.

Pero el artículo científico no estudia directamente la relación entre el uso continuado del teléfono móvil y el sobrecrecimiento del inión. Lo que en realidad dice es que, sorprendentemente, este inión expandido se encuentra con más frecuencia en jóvenes de entre dieciocho y treinta años que en personas maduras o viejas. Como el sobrecrecimiento sin duda se debe a malos hábitos posturales, es decir, a tener la cabeza flexionada durante mucho tiempo, se deduce que el uso de móviles puede ser una de esas malas posturas. Pero hay, seguro, otros muchos hábitos posturales inadecuados que afectan a la posición de la cabeza. Lo que en realidad deduzco yo del estudio es que el estilo de vida moderno hace que cada vez adoptemos con más frecuencia malas posturas, y eso es lo que hay que corregir. Del *cuerno*, olvídese.

## Una cresta que atraviesa la nuca a lo largo, no a lo ancho

He descrito el ligamento nucal en el apartado anterior como un *cable* elástico que va desde el inión hasta la apófisis espinosa de la séptima vértebra cervical. Necesitaba explicarlo así para que se entienda el *cuerno occipital*. Pero el ligamento nucal tiene también una porción inferior, a modo de tabique, que va a parar a las apófisis espinosas de las siete vértebras cervicales. Técnicamente se diría que la porción superior (el cable) es un rafe, algo parecido a una costura, y la inferior (el tabique) es un septo. Ese tabique se asienta en el hueso occipital en una cresta longitudinal que recorre el plano de la nuca desde el inión hasta el *foramen magnum*. Su nombre técnico es el de cresta occipital externa.

Dicho de una manera simplificada, hay una cresta en el hueso occipital que indica la existencia de un ligamento nucal bien desarrollado.

Y ahora viene la parte divertida. Resulta que los mamíferos corredores tienen ligamento nucal, y los no corredores no lo tienen. Y adivine quiénes no lo tienen tampoco: los simios. Lógico, porque no corren, trepan. Y adivine quién más lo tiene: nosotros.

La función del ligamento nucal es la de sujetar (elásticamente) la

cabeza al correr. Cuando uno anda la cabeza se balancea arriba y abajo, pero no tanto como cuando se corre.[2]

Si ahora vamos al registro fósil resulta que la cresta en cuestión no la tienen los australopitecos y parántropos, y sí la tienen las especies del género *Homo*. A lo que yo añado que es en el *Homo sapiens* donde más desarrollado está el inión (la protuberancia occipital externa). Mi conclusión, como siempre, es esta: corremos desde *H. erectus*, pero la especie auténticamente corredora es la nuestra: *H. sapiens*.

## El *core*

Si a usted le interesa el ejercicio físico, aunque solo sea la gimnasia de mantenimiento, seguro que habrá oído pronunciar esta palabra de moda desde hace ya mucho tiempo: *core*. ¿Qué significa? Es una voz inglesa que ya ha tomado carta de naturaleza en nuestro idioma, al menos en el mundo del deporte, y viene a ser lo mismo que el centro de algo, su núcleo. En nuestro caso se refiere a los músculos de la parte central del tronco humano. Las extremidades superiores e inferiores, e incluso la cabeza, no dejan de ser proyecciones, apéndices, que salen del tronco, con el que se articulan y desde el que son movidas. Es fundamental, por lo tanto, que tengamos un *core* robusto y con un buen tono muscular para que funcione correctamente todo nuestro aparato locomotor. Con un *core* débil y sin tensión falla la base del movimiento de nuestro cuerpo y además adoptaremos posturas incorrectas que nos acabarán produciendo dolor.

No hay acuerdo, sin embargo, acerca de cuáles son los músculos que constituyen el *core*, la estructura central del tronco humano. En su versión más reducida, el *core* estaría formado por el diafragma, que es el techo de la cavidad abdominal, el suelo pélvico, que forma su base, el músculo multífido, que mantiene erguida la columna vertebral, y los músculos recto mayor, oblicuo externo, oblicuo interno y transverso, que forman como un corsé alrededor del abdomen. Supongo que ahora entenderá el porqué de que nos hayamos detenido tanto en ellos en las páginas de este libro. El *core* sería, repito, las paredes, el techo y el suelo de la cavidad abdominal.

Pero también podría ampliarse el número de los músculos que forman el *core* incluyendo los músculos erectores de la columna, así como otros músculos del dorso de los que también hemos hablado, como el m. cuadrado de los lomos (en la parte de los riñones, recuerde), el m. dorsal ancho (¡ay, esas dominadas!) y el m. trapecio (la *pañoleta* o *rombo*). E incluso hay quien opina que ciertos músculos de la cadera, como el prominente m. glúteo mayor o los m. rotadores externos de la cadera, también podrían integrarse en lo que podemos considerar el núcleo fundamental de nuestro sistema musculoesquelético.

Anthony Apesos desarrolla en su libro sobre el dibujo anatómico, ya comentado, una curiosa teoría artística comparando la manera de pintar de dos grandes artistas del Renacimiento: Miguel Ángel y Antonio del Pollaiuolo. Para Miguel Ángel lo importante es el abdomen, que representa con todo detalle. En consecuencia, el *core* sería para Miguel Ángel el motor que mueve los cinco apéndices que salen del torso: la cabeza y los cuatro miembros. Apesos no lo comenta, pero esa es la filosofía del método Pilates, que pone su énfasis en el *core*. Por el contrario, para Pollaiuolo, que pinta cuerpos llenos de movimiento (como en el famoso grabado *El combate de los hombres desnudos*), la cabeza y las extremidades son lo que importa y el torso se tiene que acomodar a ellas. Miguel Ángel tiene razón en términos biomecánicos, pero Pollaiuolo tiene razón en términos de experiencia subjetiva, porque a nosotros nos parece que la cabeza y las extremidades se mueven por sí mismas, no que son movidas desde el tronco.

Lo que me resulta a mí más gratificante de todo esto es que al final el estudio de la anatomía humana tiene un premio. Hemos llegado hasta aquí músculo a músculo y hueso a hueso. Ahora podemos hacer ejercicios y entender lo que está pasando. Cuide ese *core*, manténgalo activo, tonificado, que le tiene que durar toda la vida y es el centro de su estructura corporal.

Hueso occipital. *Gray's Anatomy.*

# LOS HOMBROS

*Fíjese la próxima vez que vea un chimpancé. Le parecerá que no tiene cuello, que está siempre como encogido de hombros. En cambio usted tiene los hombros rectos y anchos y un largo cuello. La razón es que los chimpancés se cuelgan de los brazos en los árboles y por eso la articulación del hombro está dirigida bastante hacia arriba. La articulación del hombro humano, por el contrario, es completamente lateral, dado que no usamos los brazos por encima de la cabeza, sino por delante, mirando bien lo que hacemos con las manos. Si ahora se fija en sus clavículas comprobará que están en posición horizontal, salvo cuando se encoge de hombros. Entonces forman una V como lo hacen las clavículas de los chimpancés siempre. La cuestión que intriga a los paleontólogos es si los australopitecos estaban encogidos de hombros o no. Si usted fuera un paleoartista tendría que tomar una decisión antes de hacer un retrato de cuerpo entero de Lucy, o de Little Foot o de Big Man. Ya ha tenido que tomar otras decisiones parecidas: en las pantorrillas, en los cuádriceps, en los glúteos, en los abdominales, en la cintura y en las mamas.*

## Las dos cinturas

Hemos conocido ya dos músculos importantes del tronco que tienen su inserción en la escápula (omóplato) y en la clavícula. Esos músculos eran el m. trapecio y el m. serrato mayor. El m. serrato tira de la escápula hacia delante, y el m. trapecio lo hace hacia atrás, hacia arriba o hacia abajo. También hemos conocido músculos que partiendo del tronco se insertaban en el húmero, es decir, en el brazo. Esos músculos que mueven el brazo eran el pectoral y el dorsal ancho.

Del mismo modo que la cintura pelviana se articula con la cabeza del fémur, la cintura escapular lo hace con la del húmero. La articulación pélvico-femoral se produce a través del acetábulo del coxal, y la articulación de la escápula con el húmero lo hace a través

de la fosa glenoidea de la escápula (articulación glenohumeral). La cintura pelviana incluye al hueso sacro, que forma parte de la espina dorsal, pero la cintura escapular no se articula con la columna vertebral en ningún punto. Lo hace en cambio a través de la clavícula con el esternón, y por lo tanto con la caja torácica.

Como recordará, la cintura pelviana es un anillo muy rígido, con muy poca movilidad en sus articulaciones, lo que por supuesto complica el parto humano, ya de por sí muy ajustado y laborioso a causa del tamaño de la cabeza del feto a término en nuestra especie y de las modificaciones que impone la postura bípeda en la forma del canal del parto. El anillo pélvico está además reforzado por ligamentos para mantener su estabilidad y que no se separen al andar o estar de pie sus tres elementos constituyentes (los dos coxales y el sacro).

La cintura escapular, por el contrario, es móvil, y sus dos elementos, la escápula y la clavícula, se conectan entre sí, con la columna vertebral, con el brazo y hasta con el antebrazo, principalmente por medio de músculos.

## La escápula con su espina y sus dos salientes

La forma triangular de la escápula u omóplato es conocida de todos. Tiene por lo tanto tres esquinas, tres vértices, conocidos como ángulo superior (o craneal), ángulo inferior (o caudal) y ángulo lateral, que es el del hombro. Es en este último donde se encuentra la cavidad que articula con la cabeza del húmero; ya he dicho que se llama fosa glenoidea.

Hay un borde superior de la escápula, un borde medial o borde vertebral (llamado así porque corre paralelo a la columna vertebral) y un borde axilar, que es el borde lateral (recuerde dónde está la axila). Hasta aquí no puede ser más fácil.

La cara dorsal de la escápula (la que se toca) está atravesada de un lado a otro por la espina escapular, que es una cresta ósea que divide la cara dorsal en dos fosas, una supraespinosa y otra infraespinosa; la última es la más grande de las dos con diferencia.

La espina escapular termina ensanchándose en una apófisis grande y plana llamada acromion. El músculo trapecio de la espalda, que ya conocemos, se inserta en la espina de la escápula y en el

acromion.

Todos sabemos que en el habla normal no se usa «omóplato» para referirse a los animales, sino «paleta o paletilla», que es como se decía en castellano viejo también para los humanos. Valverde de Amusco llama al omóplato la «paleta de la espalda», y al acromion «la punta del hombro». No se olvide del acromion porque va a salir más veces.

Ya solo queda un detalle por mencionar, y es que hay un segundo proceso óseo de la escápula que se llama apófisis coracoides, donde también se asientan músculos importantes. Seguro que conoce el m. **bíceps braquial**, la «bola» que se forma en el brazo cuando flexionamos el codo para enseñar lo fuertes que estamos, o que se marca al echar un pulso. Como su nombre (bíceps) indica, tiene dos cabezas, y una de ellas se origina en la apófisis coracoides.

Hablaremos en su momento de este músculo famoso, pero ahora quiero mencionar otros dos que también tienen relación con la apófisis coracoides. Son el músculo **coracobraquial** y el músculo **pectoral menor**. El primero hace honor a su nombre y va de la apófisis coracoides al brazo (insertándose en el húmero), y el segundo, haciendo también honor a su nombre, se origina en el pecho, concretamente en las costillas tercera a quinta, para insertarse en la apófisis coracoides.

## El músculo del crucificado

El m. pectoral menor ya ha salido, pero ahora voy a decir algo del m. coracobraquial. Este es un músculo que se ve al levantar el brazo, y por eso es importante en el arte religioso cuando se quiere representar a Cristo o a san Pedro crucificados, o a san Andrés en su aspa. De hecho, el m. coracobraquial forma parte de la pared lateral de la axila, y no hay manera de pintar correctamente una axila si no se conoce este músculo.

En el museo del Prado, que a estas alturas ya se ha convertido en nuestro hábitat natural, se puede ver desde luego este músculo en el famoso *Cristo crucificado* de Velázquez. Pero no se pierda el *Cristo en la cruz* de Federico Barocci, porque se aprecia muy bien el m. coracobraquial en esta pintura de gran formato. Además del crucificado, de este cuadro se valora mucho el paisaje del fondo, que

es el que se veía desde la casa del pintor en Urbino en 1604.

Aunque solo sea porque nos ha llevado hasta estas dos obras de arte ha merecido la pena hablar del músculo coracobraquial. Pero hay más cosas que aprender.

¿Cuál es la lección de la apófisis coracoides para el biólogo evolutivo? Que en la arquitectura ósea no hay detalle que no tenga relación con la biomecánica. Nada menos que tres músculos que mueven la escápula o el brazo se anclan en la humilde apófisis coracoides.

El cuerpo es un mecano tan perfecto que hasta en los detalles más nimios del esqueleto aparece un músculo que tira de alguna palanca, como si no sobrara nunca ninguna pieza, lo mismo que en la maquinaria de un reloj. Son las «relojerías sutiles» que decía Mujica Lainez. No cabe duda de que la selección natural ha trabajado muy pacientemente a lo largo de más de cuatrocientos millones de años para convertir a un vertebrado con forma de pez y vida acuática (aunque sin mandíbula ni aletas) en un ser humano... o en un murciélago, que también es un prodigio de la ingeniería aeronáutica, dotado de un sonar para orientarse en la oscuridad.

Valverde de Amusco se refiere al acromion y a la apófisis coracoides como «las dos salidas de la paleta de la espalda». La razón de su presencia, nos cuenta Valverde de Amusco, es que la articulación de la escápula con la cabeza del húmero no es tan profunda como se requeriría, lo cual «en ninguna otra coyuntura [articulación] acontece [...]. Empero, para remediar esta falta, allende de las muchas ataduras [ligamentos] que tiene, fueron hechas en este hueso unas salidas, que abrazan la cabeza del hombro [cabeza del húmero], en tal manera que no la dejan desencajar».

## Considérelo un reto

Ahora procedamos a la exploración. La articulación de la cabeza del húmero con la cavidad glenoidea es fácil de localizar. Por encima de la articulación está el acromion, que es el punto más alto del hombro. La anchura de los hombros se mide, en antropología física, entre el acromion de un lado y el del otro.

La apófisis coracoides es algo más difícil de encontrar, pero usted

puede hacerlo. Considérelo un reto. Hay que empezar por localizar la parte más lateral de la clavícula y la articulación de la escápula con la cabeza del húmero. Por debajo de la clavícula y cerca de la cabeza del húmero tocará, con la mano contraria, un saliente duro, de hueso. Esa es la apófisis coracoides. Si no acierta a la primera mueva el brazo hasta que lo consiga, pero no va a tener ningún problema porque sobresale como un *pico*. En la anatomía artística de Apesos y Stevens, ya citada, se da una pista para encontrar este proceso óseo: «Fácil de identificar porque duele al presionarlo». Como sucede siempre con la anatomía palpatoria, una vez localizado el punto, la siguiente vez es muy fácil.

En la espalda no es complicado seguir, pasando la mano contraria por encima del hombro, la espina escapular, y reconocer las dos fosas que quedan por arriba y por debajo de la espina en la cara dorsal de la escápula: la fosa supraespinosa y la fosa infraespinosa. Las fosas están rellenas de carne, la de dos músculos que tienen los mismos nombres que las fosas: m. **supraespinoso** y m. **infraespinoso**.

En la pelvis, la cabeza del fémur, que es casi una esfera, se aloja en el acetábulo, que es casi una semiesfera. La cabeza del fémur es pues la parte convexa de la articulación y el acetábulo, la parte cóncava. Se trata de un tipo de articulación que se llama esférica o *de bola* y que permite todos los movimientos. Además hay un anillo o rodete de fibrocartílago alrededor del acetábulo para asegurar que la cabeza del fémur no se salga. Y muchos ligamentos que refuerzan la articulación.

El equivalente del acetábulo en la escápula es la cavidad glenoidea, pero esta es una fosa poco profunda y en forma de lágrima o de pera, de modo que la cabeza del húmero no queda tan sujeta y se puede dislocar, a pesar de los ligamentos que refuerzan la articulación y de la existencia de un anillo fibroso que se inserta en el borde de la cavidad glenoidea, aumentando su profundidad. A este anillo se refiere también Valverde de Amusco: «Fue también ordenado que la ternilla [cartílago] que cubre este seno [articulación] saliese tanto hacia fuera que, haciéndolo mayor, supliese la pequeñez del hoyo y no estorbase el movimiento».

Para prevenir la luxación del hombro existen además cuatro músculos muy importantes con sus correspondientes tendones, que reciben colectivamente el curioso nombre de manguito de los

rotadores o manguito rotador, porque tres de esos músculos producen la rotación o giro del brazo hacia fuera (rotación externa) y un cuarto músculo, la rotación hacia dentro (rotación interna). Pero la función principal de los músculos del manguito de los rotadores y de sus tendones es la de mantener la cabeza del húmero en contacto con la cavidad glenoidea de la escápula; es decir, asegurar la estabilidad de la articulación del hombro. El manguito funciona así como un puño de camisa o una abrazadera. Dos de esos músculos son el m. supraespinoso y el m. infraespinoso, que ya han aparecido (para más información sobre el manguito rotador ver el «Apéndice 8»).

Es probable que tenga ya usted noticia del músculo supraespinoso porque se lo ha hecho notar su cuerpo. El dolor es un gran profesor de anatomía y el dolor de hombro es muy frecuente y causa de infinidad de bajas laborales, de corta o de larga duración. Se trata de una tendinitis del músculo supraespinoso (es decir, una inflamación del tendón de este músculo), y se manifiesta en forma de un dolor agudo cuando separamos el brazo del cuerpo y lo elevamos. La causa de la tendinitis es el pinzamiento que sufre el tendón del supraespinoso entre la cabeza del húmero y el acromion al hacer ese movimiento. Si la inflamación se hace crónica se llama tendinosis del supraespinoso y es ya un proceso degenerativo.

Ahora que conocemos un poco la cintura escapular en el ser humano podemos preguntarnos si es muy diferente de la del chimpancé o si apenas hay diferencias. La pregunta es relevante para el propósito de este libro, que es el de averiguar en qué somos únicos los seres humanos, no en qué nos parecemos a otros animales. No se trata de un tratado de historia natural, sino de anatomía evolutiva humana. Supongo que le sorprendería, ahora que hemos estudiado nuestra cintura escapular, que yo le dijera que no tiene nada de particular, que es prácticamente igual a la de los chimpancés. Pero no es así, la de los chimpancés es muy distinta. ¿Y la de nuestros antepasados? De eso trataré a continuación.

## El bebé de Lucy

Raymond Dart fue un paleoantropólogo sudafricano que descubrió el primer australopiteco, conocido como el Niño de Taung. Eso ocurría a

finales del año 1924. A este australopiteco le estaban empezando a salir las primeras muelas definitivas, algo que sucede en torno a los tres años en los chimpancés y a los cinco o seis en los seres humanos (hay cierta variación geográfica dentro de nuestra especie).

A los tres años los chimpancés no han terminado aún la lactancia. Los niños humanos ya están destetados a esa edad, aunque siguen dependiendo de sus padres para alimentarse. No se sabe de qué murió el Niño de Taung, pero podría ser que fuera atacado por un águila. Su hallazgo supuso el del tan buscado *eslabón perdido*, porque tenía muchos rasgos primitivos. Aunque entonces no se sabía, ahora pensamos que la velocidad de crecimiento de los australopitecos era como la de los chimpancés, es decir, no tan lenta como la nuestra pero más rápida que la de los monos con cola. Murió, por lo tanto, hacia los tres años.

El Niño de Taung nos proporciona una valiosa información sobre el desarrollo de los australopitecos, pero desgraciadamente solo se conserva parte del cráneo con su mandíbula. El hallazgo no se produjo en unas excavaciones científicas, sino durante la explotación de una cantera de una roca llamada travertino, por lo que es muy probable que estuviera el resto del esqueleto y que se haya perdido.

Pero en el año 2000 el equipo del etíope Zeresenay Alemseged encontró en Dikika (Etiopía) un esqueleto bastante más completo de una cría de australopiteco de la misma edad de muerte que el Niño de Taung, en torno a los tres años. Su otra edad, la geológica, es de 3,3 millones de años. La localidad no queda muy lejos del lugar donde fue encontrada Lucy, y aunque el fósil de Dikika es anterior a Lucy en más de cien mil años, lo han bautizado en los medios de comunicación como Lucy's Baby. El nombre que le pusieron sus descubridores fue el de Selam ('paz'). Selam conserva una escápula en buen estado, y eso es una gran noticia porque no abundan los omóplatos bien conservados de australopiteco.

Las escápulas de los hominoideos (humanos y simios) son diferentes de las del resto de los primates, y por supuesto de los demás mamíferos cuadrúpedos, debido a la postura ortógrada, vertical, del tronco. Recuerde también lo que se dijo de la caja torácica, que es ancha y poco profunda en los hominoideos, pero es estrecha y profunda en los demás primates y en los cuadrúpedos en general porque mantienen el tronco en una postura pronógrada, horizontal.

Pero las escápulas de los grandes simios no son iguales a las nuestras. Se diferencian en que la fosa supraespinosa, la que queda por encima de la espina de la escápula, es más grande. Su músculo supraespinoso está más desarrollado, y puesto que este músculo tiene que ver con la elevación del brazo resulta lógico relacionar una fosa supraespinosa grande con columpiarse colgando de los brazos como un péndulo.

Además, la cavidad glenoidea mira más hacia arriba (más cranealmente) en los grandes simios, especialmente en los chimpancés. Nunca está de más recordar que la escápula se articula por medio de la cavidad glenoidea con la cabeza del húmero, por lo que la escápula tiene que girar con un movimiento pendular o de campaneo para que la cavidad glenoidea se oriente hacia arriba cuando queremos llevar el brazo hasta la vertical. Parece lógico entonces pensar que la orientación más craneal de la cavidad glenoidea en los grandes simios les facilita los movimientos de los brazos por encima de la cabeza cuando están en los árboles realizando la braquiación.

La espina de la escápula, por otro lado, está inclinada en los grandes simios, mientras que nuestra espina escapular es horizontal, como puede palpar ahora mismo usted.

En el caso particular de los chimpancés la escápula tiene una forma muy alargada verticalmente, por lo que nuestra escápula se parece más a la de los gorilas que a la de los chimpancés y bonobos. Este dato nos debería prevenir una vez más en contra del error de dar por hecho que el chimpancé es, en todo, un fósil viviente, o sea, una especie que no ha cambiado apenas en nada desde que su línea evolutiva se separó de la nuestra hace seis o siete millones de años. Por el contrario, los chimpancés también han evolucionado en ese tiempo, han cambiado a su manera, como podría ser el caso de la escápula.

Con todos estos datos en la cabeza toca preguntarse: ¿cómo es la escápula de Selam, el *bebé de Lucy*? Estos son los dos pasos que hay que dar siempre en paleontología: primero anatomía comparada de las especies vivientes y luego estudio del fósil.

Pues bien, comparando a Selam con crías de grandes simios de tres años de edad encontramos lo siguiente: i) la orientación de la cavidad glenoidea de Selam es craneal (hacia arriba); ii) la fosa para

el músculo supraespinoso de Selam es más grande que la nuestra, pero más pequeña que la de los grandes simios; iii) la espina escapular de Selam es horizontal como en la especie humana, y iv) la silueta de la escápula de Selam no se parece en nada a la de los chimpancés, pero se asemeja a la de los gorilas.

Hay otra escápula bien conservada de australopiteco de la misma especie (*Australopithecus afarensis*), aunque de un individuo adulto: el Big Man de Woranso-Mille. No sabemos cómo era su fosa supraespinosa porque está rota. El estudio que han llevado a cabo sus descubridores, utilizando cinco ángulos que describen bien la forma de la escápula, sitúa claramente al Big Man entre los humanos actuales, y bien separado de los grandes simios africanos.

Por otro lado, se conserva una pequeña parte de la escápula izquierda de Lucy (la cavidad glenoidea y poco más). Las dos escápulas de Little Foot están aplastadas, aunque se pueden reconstruir.

Del estudio de todos estos fósiles se puede deducir, en resumen, que las escápulas de los australopitecos adultos tenían una forma general semejante a la nuestra, con algunas diferencias en el tamaño de la fosa supraespinosa (más grande) y en la orientación de la cavidad glenoidea (que miraba más hacia arriba). Algunos autores opinan que eso autoriza a decir que también existían diferencias funcionales entre ellos y nosotros, y que los australopitecos se movían mejor en los árboles. Puede ser, pero seguramente esas diferencias no serían muy grandes. Y hay que tener en cuenta, por otro lado, que los humanos tampoco trepamos tan mal.

Sin embargo, el parecido que he comentado entre la escápula de Dikika y la escápula de los gorilas de su misma edad (tres años) intriga, porque es mayor que el que hay entre los australopitecos adultos y los gorilas adultos. Y recordará que cuando estábamos en el capítulo de los pies mencioné que Selam parece tener una mayor movilidad del dedo gordo que la que tienen los australopitecos adultos. ¿Es posible que las crías de australopiteco estuvieran mejor configuradas para trepar que sus padres? No parece que la anatomía de la escápula y de los pies cambie tanto con el desarrollo en los humanos y en los simios, por lo que esta explicación no nos deja satisfechos, aunque de momento no hay otra.

No hemos dicho apenas nada de las clavículas, seguramente porque son fáciles de palpar en todo su recorrido. Hagamos un breve repaso. Su forma es en S abierta y se articulan por sus extremos en el mango del esternón y en el acromion de la escápula. En el borde superior del esternón, entre las articulaciones de las dos escápulas, está la escotadura supraesternal o yugular, que se marca en la superficie como una depresión que los ingleses llaman «el hoyo del cuello». En las clavículas se insertaba, dijimos, el músculo trapecio.

En los grandes simios las clavículas están inclinadas (formando una V) desde la articulación con el omóplato (en el hombro) hacia la articulación con el esternón, mientras que en los humanos las clavículas son mucho más horizontales. Si se mira ahora en un espejo y toca la clavícula en todo su recorrido sabrá a lo que me estoy refiriendo.

Lo cierto es que apenas se les ve el cuello a nuestros parientes más cercanos, los chimpancés. El gran primatólogo suizo Schultz, tantas veces citado, atribuía esta desaparición del cuello a tres causas: i) cuando los miramos por delante, los grandes simios tienen una cara tan alargada (tan prognata) que llega casi hasta «el hoyo del cuello» y lo tapa; ii) por la espalda, los músculos de la nuca están muy desarrollados y cubren el cuello, y iii) en los grandes simios los hombros quedan por encima de la fosa supraesternal, «el hoyo del cuello», de tal modo que la cabeza, en lugar de estar puesta *sobre* los hombros, parece que está *entre* ellos.

En nosotros, los humanos, la cabeza está bien separada del tronco por un esbelto cuello que es parte de nuestro patrón de belleza. No hay más que ver las estatuas clásicas.

Ahora veamos qué se sabe de las clavículas de los australopitecos. De la hembra sudafricana de Malapa (MH2, conocida como Issa) se ha conservado una clavícula, y por la orientación de sus articulaciones se deduce que su recorrido era inclinado como en los chimpancés. Dicho de otro modo, tenía los hombros altos.

En el caso de Little Foot la longitud de la clavícula es de 14 centímetros, que está muy poco por debajo de la media humana actual, aunque el individuo solo midiera 130 centímetros de estatura. En los chimpancés la clavícula es de unos 12,5 centímetros de media y

la de Issa, la hembra de Malapa, es también corta. La anchura de los hombros de Little Foot sería por lo tanto muy parecida a la humana actual, lo que coincide con la anchura máxima de la pelvis mayor, que se acercaría al promedio de la mujer moderna. No deja de ser sorprendente la combinación de hombros anchos y —recuerde— abertura superior estrecha de la caja torácica de Little Foot, que tendría forma de embudo invertido.

Otro fósil de australopiteco que sale mucho en estas páginas es el Big Man de Woranso-Mille. Conserva una buena parte de la clavícula izquierda y los paleontólogos que lo investigan le calculan una longitud claramente mayor que la de Little Foot. En consecuencia, estos autores no creen que los australopitecos tuvieran los hombros levantados. Recordemos que tampoco creen que la abertura superior de la caja torácica fuera estrecha como en los grandes simios. Sin embargo, admiten que, dado que la pelvis mayor era ancha, la parte baja de la caja torácica también lo sería. Dicho en otras palabras, tendría una caja torácica *normal* por arriba y ancha inferiormente (la forma de campana).

Y para complicar las cosas todavía más, recordemos que el equipo de Malapa piensa que Issa tenía la caja torácica estrecha por arriba y *normal* (como la nuestra) por abajo, es decir, *en forma de botella*, podríamos decir, aunque yo discrepo y creo que sería ancha por abajo, porque las caderas me parecen anchas en todos los australopitecos sin ninguna excepción.

No hay quien entienda los cambios producidos en el tórax y la cintura escapular a lo largo de nuestra evolución, ni siquiera contando con magníficos fósiles. Mejor que no nos enredemos aquí en estas discusiones de paleoantropólogos, porque lo que nos interesa es conocer la forma del cuerpo de los australopitecos en general. Pero ya hemos visto que hay grandes dudas a la hora de reconstruir la frágil caja torácica y la cintura escapular. En el caso de que me preguntara un paleoartista si le pone a un australopiteco que está esculpiendo o pintando una cintura estrecha y unos hombros anchos, o un torso rígido y sin talle y unos *hombros encogidos*, estaría en un grave aprieto. Me temo que me vería obligado a contestarle que espere unos pocos años a que tengamos más fósiles.

Si el artista o usted insiste en saber mi opinión, me parece claro que los australopitecos tenían, en relación con su tamaño, las caderas

más anchas que las nuestras, tanto que entrarían dentro del rango de los chimpancés, por lo que me atrevería a pintar a los australopitecos con caderas anchas y tórax también ancho, al menos por abajo, es decir, en forma de embudo invertido, o tal vez en forma de campana.

Pero al mismo tiempo la columna lumbar de los australopitecos era sin duda más larga que la de los chimpancés y con mayor movilidad. Yo creo, además, que tendrían una capacidad de torsión del tronco acorde con su locomoción bípeda perfecta, como demuestran las huellas de Laetoli, razón por la que también les pondría una cierta entalladura, aunque no tan grande como la nuestra, entre el tórax y las caderas.

Pienso también que las tripas de los australopitecos serían más largas que las nuestras, debido a que el componente de fibra en su alimentación sería muy superior al de nuestra comida, que incorpora menos *verdura*. Como sabemos que su cerebro era algo superior al de los chimpancés actuales, imagino que su tubo digestivo sería algo más corto (ya que los dos sistemas están inversamente relacionados), pero todavía voluminoso, lo que daría a la barriga de los australopitecos una cierta prominencia. O sea, que los pintaría sin *tableta*, ni almohadillas laterales ni cinturón de Adonis.

Para terminar, los neandertales tenían clavículas indudablemente largas, y yo me los imagino con hombros anchos y caderas anchas, es decir, con troncos anchos. También me los imagino con una gran musculatura.

## Un músculo que se escribe en griego en el cuerpo

Me falta por hacer la glosa y elogio de un músculo muy importante, que todo el mundo conoce porque es el que da forma externa al hombro: el m. **deltoides**. Recibe este nombre porque tiene la forma de la letra griega *delta*. Puede verlo bien en un espejo poniéndose de lado o de frente. En esta última posición observe como se separa del m. pectoral, creándose un espacio triangular entre los dos músculos y la clavícula. Meta bien el dedo ahí. Si levanta el brazo como si fuera un ala puede palpar el m. deltoides y ver cómo se continúa hasta el acromion de la escápula. Porque efectivamente el m. deltoides se origina en la parte exterior de la clavícula, en el acromion y en la

espina de la escápula.

La inserción del m. deltoides en el húmero se produce en la tuberosidad deltoidea, que se sitúa hacia la mitad del húmero, en su parte lateral.

Como el origen del m. deltoides es triple, tiene también tres porciones que pueden realizar diferentes movimientos que habría que estudiar por separado, pero el movimiento más importante del m. deltoides es el de levantar el brazo como si fuera un ala, en un movimiento que se conoce como abducción, que termina cuando el brazo se encuentra en posición horizontal. Para llevar a cabo la elevación del brazo (del *ala*), por encima de la cabeza es necesario girar la escápula, y el húmero con ella, porque no hay músculo que pueda realizar la elevación del *ala* si la escápula no gira hacia arriba con un movimiento de péndulo o campana (hablo de estos temas tan interesantes en el «Apéndice 8»).

Lo contrario de la abducción del brazo (levantar el *ala*) es la aducción del brazo (abatir el *ala*), que lleva a cabo el m. dorsal ancho, gran antagonista del m. deltoides. Aunque con orígenes distintos (la columna, la cadera y las costillas) el m. dorsal ancho también se inserta en el húmero, como el m. deltoides.

Ahora tengo que desdecirme de lo anterior en aras del rigor científico porque la abducción del brazo no es en realidad equivalente a batir un ala. Si lo piensa bien y se imagina que usted es un pájaro, para volar tiene que llevar el ala hacia el pecho, y por eso son los músculos pectorales (la pechuga del pollo) los que intervienen en el vuelo.

Escápula izquierda, vista dorsal. *Gray's Anatomy*.

# EL CODO

*Clave ahora el codo sobre la mesa. El hueso que toca el tablero es el cúbito o ulna en su parte más alta. Siga ahora con los dedos de la otra mano el hueso hasta el final. Todo el cúbito es subcutáneo, como ha podido comprobar, y se puede palpar. Notará que termina en la muñeca en una eminencia redondeada que se llama la cabeza del cúbito. Con el codo clavado en la mesa verá que el cúbito divide la musculatura del antebrazo en dos partes. Los músculos laterales son extensores de la muñeca y de los dedos, y se dirigen al dorso de la mano. Si se fija un poco verá que hay un surco entre el cúbito y estos músculos extensores. Los músculos situados al otro lado del cúbito, los interiores, son flexores de la muñeca y de los dedos y se dirigen hacia la palma de la mano. Los músculos extensores abren el puño y levantan la mano, los músculos flexores cierran el puño y doblan la muñeca.*

## Empecemos por la punta del codo

El sitio sobre el que se apoyan los codos es a lo que Valverde de Amusco llamaba en romance la «punta del codo» y se conoce en anatomía como olécranon. Forma parte del hueso cúbito, que en latín y en inglés se llama *ulna*. La ulna o cúbito compone el antebrazo junto con otro hueso largo que se llama radio. La articulación superior (o proximal) del cúbito con la inferior (o distal) del húmero es del tipo que se llama en bisagra, charnela o polea, que solo permite un tipo de movimientos, en un solo plano. En este caso se trata del plano sagital, por lo que los movimientos son de flexión y de extensión del antebrazo sobre el brazo. El cúbito no puede girar hacia dentro y hacia fuera.

Expliquemos un poco mejor esa articulación entre el húmero y la ulna o cúbito. El húmero tiene en su extremidad inferior una especie de polea con forma de diábolo, conocida técnicamente como tróclea.

Me imagino que la gente joven no ha jugado con el diábolo, pero este era un juego muy popular en el pasado. Se hacía girar sobre una cuerda sujeta entre dos palos, y tenía una forma parecida a la de un reloj de arena: dos conos unidos por la punta.

La extremidad superior del cúbito presenta una escotadura, que articula con la tróclea o polea del húmero como si fuera un gancho, o mejor, una llave inglesa.

## Voces del gimnasio: concéntricas y excéntricas, isotónicas e isométricas

La flexión del codo la realizan unos músculos que se llaman m. **bíceps braquial** y m. **braquial anterior**, mientras que la extensión es cosa del m. **tríceps braquial**. Braquial, por supuesto, significa «del brazo», así que es imposible no acordarse. Si quiere profundizar un poco en el tema, tiene más información en el «Apéndice 9».

Los flexores del codo están en la parte anterior (ventral) del brazo, y el extensor, en la parte dorsal. Aunque intuitivamente parece que el m. bíceps es más voluminoso que el m. tríceps, en realidad es al revés. Además, estos dos músculos forman una pareja inseparable, aunque producen movimientos contrarios: cuando se contrae el m. bíceps en la flexión del codo, el m. tríceps, que es su antagonista, está relajado, y sucede al revés en la extensión del codo. Uno es siempre el músculo agonista y el otro, el antagonista.

Al pobre m. bíceps le toca luchar contra la gravedad cuando estamos de pie porque si los brazos están caídos tiene que levantar el antebrazo, y a veces también un objeto pesado que agarramos con la mano, mientras que el m. tríceps actúa a favor de la gravedad cuando dejamos caer los brazos.

Cuando un músculo como el m. bíceps se contrae y a la vez se acorta se dice que se realiza una contracción concéntrica.

Pero el m. bíceps también entra en tensión si no queremos que el antebrazo caiga demasiado rápidamente, cuando estamos sujetando una pesa, por ejemplo, y deseamos ralentizar el movimiento de bajada. En ese caso el músculo trabaja, aunque se estire, y esa contracción se denomina «excéntrica». Tanto la contracción excéntrica como la concéntrica se asocian a un movimiento articular de flexión o

de extensión y se llaman conjuntamente contracciones isotónicas.

Cuando la longitud del músculo no se modifica, aunque esté en tensión, y no hay movimiento articular la contracción se llama isométrica. Parece lioso pero no lo es si lo llevamos a la práctica. Un conocido ejemplo es el de la conocida «plancha abdominal», que se realiza con el cuerpo recto (¡la pared abdominal contraída!) y apoyando las puntas de los pies, las manos y los codos.

He introducido estos cuatro términos («concéntrica», «excéntrica», «isotónica» e «isométrica») porque son de uso común en el gimnasio para referirse a los diferentes tipos de contracciones musculares.

Sigamos pues en el gimnasio, pero ahora con movimiento. Un ejercicio recomendable para trabajar el m. tríceps braquial es el de las flexiones de brazos o «fondos», que se realizan boca abajo con el cuerpo rígido como una tabla, apoyando las palmas de las manos y las puntas de los pies y flexionando y extendiendo los codos, es decir, aproximando el pecho al suelo y levantándolo. Este es un ejercicio típico del entrenamiento militar, que habremos visto en muchas películas. El m. tríceps trabaja contra la gravedad, extendiendo el codo y levantando el cuerpo, así que más que «flexiones de brazos» (eso es más fácil de hacer, solo hay que dejarse caer controladamente) a los «fondos» habría que llamarlos «extensiones de brazos» (levantarse ya no es tan sencillo).

Además del m. tríceps braquial trabajan en las flexiones de brazos el m. pectoral mayor, el m. deltoides, el m. serrato anterior y los *abdominales* (músculos todos que conocemos perfectamente porque a estas alturas somos unos expertos). Por eso, si queremos que actúe sobre todo el m. tríceps braquial es conveniente aproximar las manos, de manera que se toquen los dedos índices y los pulgares, formando una figura de corazón o diamante entre las dos manos. No es fácil, claro.

Ya sabemos de sobra que para realizar el estiramiento de un músculo hay que llevar a cabo la acción contraria, para lo que tenemos que poner en acción al antagonista. Así, un ejercicio recomendable para estirar el m. tríceps, que es un extensor del codo, consiste en forzar la flexión del codo subiendo el codo hacia arriba por encima de la cabeza con el brazo pegado a la oreja y la mano posada sobre la escápula contraria. Se puede empujar el codo hacia atrás con

la otra mano o apoyarlo en la pared para extender bien el m. tríceps braquial.

Ahora volvamos al *Diadúmeno* de Policleto. La escultura del museo del Prado conserva solo el brazo izquierdo, porque el derecho le fue añadido en el Barroco y la postura es errónea, como ya sabemos. Debería levantarse como el brazo izquierdo para acercar la mano a la cinta que ciñe la frente del joven divinizado. Pero el codo derecho del *Diadúmeno* del Prado está extendido erróneamente, cuando debería estar flexionado.

El brazo izquierdo, el original, está flexionado y se ve bien la forma del bíceps, que en el canon de Policleto no estaba exageradamente abultado como en los forzudos de feria o de gimnasio. Las formas del canon son más armoniosas porque Policleto huía de la exageración y del alarde muscular.

En la época helenística sí que esculpían los griegos figuras de Hércules con todos los músculos exagerados como los de los culturistas, y el mejor ejemplo es el llamado *Hércules farnesio*. Esta escultura del héroe griego es una copia romana del siglo III en mármol de una estatua en bronce hecha por Lisipo en el siglo IV antes de nuestra era. Se encontró en las termas de Caracalla, en Roma, pero ahora se exhibe en el Museo Arqueológico Nacional en Nápoles.

## El tercer tipo de palanca

Ya conocemos dos tipos de palancas corporales. Un tipo de palanca es el de la articulación de la cabeza con la columna vertebral, y se parece a una balanza romana o a un balancín, porque el punto de apoyo, que es la articulación, está situado entre las dos fuerzas que actúan, y que son: i) el peso de la cara, que tiende a flexionar la cabeza, y ii) los músculos de la nuca que extienden la cabeza e impiden la *cabezada* (figura *Palancas corporales*).

Otro tipo de palanca es la del tobillo cuando nos ponemos de puntillas. Se parece a una carretilla porque el punto de apoyo está al final, en los dedos, como las ruedas en la carretilla, es decir, por delante de las dos fuerzas que actúan: i) el peso del cuerpo, en medio, transmitido por la tibia al astrágalo, y ii) los músculos de la pantorrilla, que terminan en el tendón de Aquiles, que va al calcáneo.

La flexión del codo cuando estamos haciendo ejercicio con una mancuerna se corresponde con un tercer género de palanca, porque el punto de apoyo está en un extremo (la articulación del codo), por delante viene el m. bíceps, que es el que se contrae para producir la flexión, y finalmente se encuentra la mano que sujeta la pesa. Mírese ahora el brazo y el antebrazo y verá esa alineación: el codo, el bíceps y la mano.

Este es un ejemplo de palanca con desventaja mecánica, porque el brazo de la potencia, que es la distancia entre el codo y la inserción del bíceps en la parte alta del radio, es mucho más corto que el brazo de la resistencia, que es la distancia entre el codo y la mano con la pesa.

En los ejemplos de palancas corporales que hemos visto, la del tobillo cuando nos ponemos de puntillas tiene ventaja mecánica, la del equilibrio de la cabeza es ligeramente desfavorable y la del codo en flexión es muy desfavorable.

Sin embargo, un músculo con una inserción cercana a la articulación tiene la ventaja de que produce un gran ángulo de giro con muy poco acortamiento. Piense en el bíceps: lo tiene difícil biomecánicamente para levantar grandes pesos con su brazo de potencia pequeño, pero mueve muy rápidamente pequeños pesos, como cuando nos llevamos la cuchara a la boca.

## Otras mentes

No sé qué tipo de lector es usted. Puede que le gusten la física y las matemáticas como a mí y quiera conocer las fórmulas que explican con total precisión la mecánica del cuerpo: las distancias, las direcciones, los ángulos, los momentos. Hay una pureza y una belleza en estas fórmulas que nos aproximan a la trascendencia, como apreciaron en el siglo XVII los que hicieron la revolución científica.

Pero puede que no le interesen estos detalles. Me gustaría que este libro fuera útil para ambos tipos de públicos. En todo caso, espero que con estos ejemplos de las palancas corporales se vaya entendiendo lo que pensaba Descartes de que el cuerpo humano es, en el fondo, una máquina, algo parecido a un autómata movido por palancas y poleas o, en el caso de la sangre, por una máquina hidráulica.

En nuestra especie había un alma, una entidad pensante, a los mandos. En el caso de los animales, según Descartes, no hay *nadie* dentro.

Sin embargo ahora pensamos que los humanos no somos ni mucho menos los únicos animales con mente y con sentimientos, aunque solo nosotros seamos conscientes de lo que pensamos y sentimos y tengamos un yo. Para mí, es una alegría. Me sentía muy solo perteneciendo a la única especie con mente del planeta. Ahora sé que estoy rodeado de otras mentes.

## Palma hacia arriba, palma hacia abajo

Los dos huesos del antebrazo son, como sabemos, el cúbito y el radio. Del primero conocemos bien la articulación con el húmero, que es de tipo bisagra. El radio, a su vez, tiene una extremidad proximal (la cabeza del radio), con forma cilíndrica, que se articula de lado con el cúbito, y por arriba con la cabeza pequeña del húmero, situada junto a la tróclea; esta cabecita se llama también capítulo humeral, que quiere decir lo mismo, pero en latín.

Muchas palabras técnicas, pero lo que importa es que el radio tiene capacidad de girar sobre su eje porque su articulación con el cúbito es como la de un pivote que rota dentro de una escotadura o muesca. De hecho, este tipo de articulación giratoria que permite movimientos de rotación en torno a un eje se llama «en pivote». La articulación de las dos primeras vértebras cervicales, el atlas y el axis, también es en pivote, como recordará.

El resultado visible en el antebrazo de los giros de esta articulación es que el radio puede cruzarse sobre la ulna.

Pasemos ahora de la teoría a la práctica. Flexione el codo con la palma mirando hacia arriba y apoye el antebrazo sobre la mesa. Si ahora vuelve la palma de la mano hacia abajo el movimiento que realiza se conoce como pronación y para ello el radio se tiene que cruzar sobre la ulna o cúbito. El movimiento contrario, para volver a orientar la palma de la mano hacia arriba, se denomina supinación y consiste en que el radio y la ulna se descruzan, volviendo a estar paralelos.

Todo esto parece terriblemente complicado pero no tiene más

que tocarse el antebrazo y mover la palma de la mano hacia arriba y hacia abajo para comprender los movimientos del radio. Cuando la palma de la mano está mirando hacia arriba (en supinación) el radio es el hueso lateral del antebrazo. Cuando se realiza la pronación, volviendo la palma hacia abajo, el extremo distal del radio se dispone en la parte de dentro, aunque el extremo proximal sigue en su sitio, por lo que la diáfisis del radio se cruza sobre la diáfisis de la ulna (recordemos que la diáfisis es siempre la parte alargada, es decir, tubular, de los huesos de las extremidades; también se la llama «cuerpo»).

Como siempre sucede, para entender la anatomía del aparato locomotor lo mejor es *mover el esqueleto*. Y para entender bien estos movimientos es útil recordar que el radio siempre está (tanto en pronación como en supinación) en el lado del dedo pulgar, y el cúbito en el del dedo meñique. Hagámoslo.

El cúbito es un hueso subcutáneo que se puede palpar en toda su totalidad, desde «la punta del codo» hasta la muñeca. Ponga una mano en supinación, es decir, con la palma mirando hacia usted. Con la otra mano toque el cuerpo del cúbito. Ahora lleve la mano a pronación sin soltar el cúbito con la otra mano. Verá que la mano gira pero el cúbito no se mueve. ¿No es prodigioso? ¿Cómo ha sucedido? Parece un milagro. La respuesta está en que el radio se ha cruzado sobre el cúbito y se descruzará cuando lleve la mano de nuevo a supinación. Y el cúbito sigue fijo.

## Codo de tenista y codo de golfista

A los lados de «la punta del codo» (el olécranon) hay, si se fija, dos salientes del húmero, que se llaman epicóndilo lateral y epicóndilo medial. Este último se marca mucho más en superficie porque se forma un buen hoyo entre el epicóndilo medial y «la punta del codo» (el olécranon). No hace falta que me crea, pálpese y lo comprobará sin ningún problema. Tampoco tendrá el más mínimo problema en localizar la articulación de la cabeza del radio con el correspondiente cóndilo o capítulo del húmero. Flexione el codo mientras se toca y lo entenderá mejor. El olécranon y los dos epicóndilos están alineados con el codo extendido, pero forman un triángulo cuando está

flexionado.

Por favor, compruébelo, y no se olvide ya nunca de los epicóndilos, porque uno de ellos, el epicóndilo lateral, es origen de una serie de músculos extensores de la muñeca y de los dedos y también de un músculo supinador; mientras que en el epicóndilo medial se originan músculos que flexionan esas mismas articulaciones y también se origina un músculo pronador.

Además, en el epicóndilo lateral es donde se localiza el dolor conocido popularmente como «codo de tenista», aunque no es en absoluto exclusivo de los practicantes de este deporte. Esta epicondilitis lateral se debe a la inflamación de los tendones de los músculos que tienen su origen en el epicóndilo lateral. La lesión equivalente en el epicóndilo medial (epicondilitis medial) se conoce como «codo de golfista».

Para completar la descripción del cúbito y del radio falta por decir que, mientras el primero se adelgaza hacia abajo (es decir, distalmente), el segundo se engrosa. La ulna termina distalmente en la cabeza cubital, que es un bulto que puede usted palpar perfectamente en la muñeca porque es imposible no verlo con el antebrazo en pronación, como cuando está tecleando en el ordenador. Y recuerde, la cabeza del cúbito está en el mismo lado que el dedo meñique. El radio, por su parte, llega más lejos que el cúbito para terminar en una protuberancia que se llama apófisis estiloides y que es lo que palpa usted cuando se toca el final del radio por el lado del dedo pulgar. Proceda.

Para resumir, en el antebrazo se encuentran los vientres de los músculos que mueven la muñeca y los dedos de la mano, además de producir la pronación, la supinación y los movimientos de la muñeca hacia un lado u otro (como cuando decimos adiós con la mano). En efecto, los dedos pueden flexionarse (doblarse), cerrándose en un puño, o pueden extenderse (enderezarse), abriendo la mano. La muñeca también puede flexionarse, o extenderse, o inclinarse hacia el lado del cúbito (aducción cubital) o del radio (abducción radial). Los movimientos delicados y precisos de la mano los realizan unos músculos del antebrazo por medio de sus tendones, que van a la muñeca o a los dedos. Si quiere saber más de estos músculos del antebrazo pongo a su disposición el «Apéndice 10». Son muchos músculos para asimilarlos en una primera lectura, ya lo sé, pero

recuerde el mensaje principal: en los dos epicóndilos del húmero, esos dos *picos* a los lados de «la punta del codo», se asientan tendones de músculos que mueven la mano, que es su *marioneta*.

## Un pequeño anticipo

Aun a riesgo de aburrirle con tantos nombres, de dos músculos del antebrazo diré cosas importantes en su momento. Uno pertenece al grupo de los flexores y el otro, al de los extensores. Su importancia radica en que van a parar al dedo pulgar y son exclusivos (casi) de la especie humana. Y ya sabemos todos que nuestra especie se caracteriza por la capacidad de manipular objetos con los dedos. Por eso nuestro dedo pulgar es el más desarrollado entre todos los primates. Estos dos músculos de los que estoy hablando son el m. **flexor largo del dedo pulgar** y el m. **extensor breve del dedo pulgar**. El primero es largo porque va a la falange de la uña, mientras que el segundo es breve porque se queda en la falange más cercana (la basal). El flexor flexiona y el extensor extiende.

También aparecerán mencionados otros dos músculos flexores, pero estos no van a parar al dedo pulgar, sino a los cuatro dedos restantes. Uno es superficial y otro profundo; por eso se llaman m. **flexor común superficial de los dedos** y m. **flexor común profundo de los dedos**. El músculo superficial se inserta en las falanges intermedias, el músculo profundo pasa por debajo para insertarse en las distales (las de las uñas).

Así que estamos hablando de músculos de los dedos. Los del pulgar, que van aparte, y los de los otros dedos, que van juntos. La terminología anatómica es fácil cuando se presta atención. Los que pusieron nombres a las partes del cuerpo no se proponían fastidiarnos, sino ayudarnos a recordar sus posiciones.

Los músculos del antebrazo, como hemos dicho, mueven con sus tendones la mano y los dedos, como el titiritero tira de los hilos de la marioneta. La mano es tan importante en la evolución humana que le dedicaremos dos capítulos enteros.

Pero antes vamos a recibir una lección de anatomía. Divertida para nosotros, pero no tanto para el muerto.

Si tuviera que decir, sin pensarlo, los nombres de tres grandes pintores seguro que me saldrían de carrerilla los de Caravaggio, Rembrandt y Velázquez. Luego, reflexionando, caería en la cuenta de otros artistas, como el gran Miguel Ángel, Goya y el desconocido pintor de Altamira, por ejemplo. Pero Caravaggio, Rembrandt y Velázquez sabían dibujar como nadie el cuerpo humano en sus diferentes posturas y también plasmaban magistralmente en el lienzo la expresión de las emociones y por eso es necesario hacerles un homenaje en un libro de anatomía en el que precisamente nos proponemos conocer eso: el cuerpo humano en movimiento (la anatomía funcional) y el lenguaje corporal. Y estos tres pintores eran maestros en eso. Para mí, insuperables e insuperados.

Además, Rembrandt pintó dos disecciones del cuerpo humano, y en una de ellas el médico muestra, precisamente, los músculos de la cara interna del antebrazo. Por eso le voy a pedir ahora a usted que vaya al QR del final del capítulo para estudiar *Lección de anatomía del doctor Nicolaes Tulp*. Fue pintado en 1632 para el Gremio (o Colegio) de Cirujanos de Ámsterdam y se puede ver en La Haya.

La disección que se describe en el cuadro es totalmente real y hasta conocemos quiénes eran los otros cirujanos, así como el nombre del muerto. El Gremio de Cirujanos de Ámsterdam celebraba una lección anatómica pública, con el cadáver de un ejecutado, al año. Como no se habían descubierto todavía líquidos para conservar el cuerpo, la disección se practicaba el mismo día del fallecimiento. Esta tuvo lugar el 31 de enero, época del año en la que el frío de los Países Bajos ayudaba a retrasar la putrefacción.

El cadáver perteneció a un hombre de veintiocho años, de nombre Adriaan Adriaansz, alias Aris't Kint, que fue ahorcado ese mismo día por ladrón. Así se las gastaban en aquella época. Seguramente la ejecución tuvo lugar por la mañana y esa misma tarde lo estaban diseccionando en un anfiteatro anatómico, con el público sentado escalonadamente. Podían entrar doscientas o trescientas personas, pagando entrada, naturalmente, porque el espectáculo no era gratuito.

A los pies del cadáver se puede ver un libro de anatomía abierto para que los doctores puedan identificar los tendones que el doctor

Tulp tiene sujetos con una pinza. El libro podría ser la anatomía de Vesalio, pero no se ha podido demostrar. Después de la disección los doctores se iban a cenar juntos para celebrar el éxito. La secuencia del día era por lo tanto ahorcamiento, transporte del cadáver al anfiteatro, disección, cena corporativa del Gremio de Cirujanos y, finalmente, un desfile por la calle con antorchas. Y a la cama a dormir, que mañana será otro día.

En todo caso, lo que muestra el doctor Tulp al público son los cuatro tendones del músculo flexor común superficial de los dedos, del que hemos hablado en el apartado anterior. Puede usted ver que los tendones llegan hasta la falange intermedia de los dedos segundo a quinto (índice a meñique). Por debajo de las inserciones de los tendones del m. flexor común superficial de los dedos puede apreciar también cómo pasan hacia la falange distal los cuatro tendones del músculo común profundo de los dedos. Y para terminar su anatomía del pobre Aris't Kint fíjese en el tendón que llega hasta el final del dedo pulgar: ese es el tendón del músculo flexor largo del dedo pulgar, del que vamos a hablar mucho en su momento en relación con la evolución humana (ya apareció mencionado en el apartado anterior). Le anticipo que los grandes simios no tienen este músculo, lo que debería ponernos sobre aviso.

Si ahora se fija en la mano izquierda del doctor Tulp verá que tiene los dedos flexionados. Es probable que el doctor Tulp esté explicando que el músculo que sostiene con la pinza de disección tiene la función de flexionar esos dedos. Pero habría que preguntárselo a Rembrandt.

Es interesante, por otro lado, que la región disecada en el cuadro sea justamente la del antebrazo. Vesalio se retrata en un grabado de su libro de anatomía estudiando esta misma parte del cuerpo y quizás el doctor Tulp quisiera imitarlo.

Se ha dicho que Rembrandt cometió un error grueso a la hora de pintar la anatomía del antebrazo, porque el músculo flexor común superficial de los dedos parece originarse en el epicóndilo lateral del codo en la pintura, cuando en el cuerpo humano se origina en el epicóndilo medial (el que está más cerca del tronco), como todos los flexores. Pero unos investigadores[1]han repetido la disección de Rembrandt y han concluido que la pintura está bien hecha, y que el músculo que sostiene el doctor Tulp se origina en el epicóndilo

medial, aunque por la postura del brazo pueda dar una impresión equivocada.

Rembrandt pintó en 1656 otra disección para el Gremio de Cirujanos de Ámsterdam en la que se muestra el cerebro al público. Es *La lección de anatomía del doctor Deyman*, en parte destruida por un incendio. La postura del cadáver, por cierto, con los pies hacia el espectador, es deudora de la *Lamentación sobre Cristo muerto* del italiano Orazio Borgianni, un pintor influido por el gran Caravaggio.

## Otro enigma del cuerpo humano

Ya dije en otro lugar (a propósito del *australopiteco de Vitruvio*) que la forma de expresar numéricamente la proporción entre el antebrazo y el brazo es el índice braquial, que divide la longitud del radio (uno de los dos huesos del antebrazo) por la del húmero (el único hueso del brazo). El brazo va del hombro al codo, y el antebrazo del codo a la muñeca. De todos los primates superiores, los que tienen un índice braquial más alto son los gibones, en los que el antebrazo es claramente más largo que el brazo. Los gibones son los más consumados braquiadores, los primates que más se desplazan por los árboles colgándose de los brazos, cambiándose de mano, girando el cuerpo y balanceándose como un péndulo. En los orangutanes los dos segmentos del miembro superior (el antebrazo y el brazo) son prácticamente de la misma longitud. Después vienen los chimpancés, luego los gorilas y finalmente los humanos, con el antebrazo proporcionalmente más corto de todos.

La verdad es que, como recordará, no hay apenas esqueletos de los primeros homininos que conserven razonablemente bien los dos huesos que intervienen en el cociente, de manera que se pueda calcular el índice braquial con una cierta exactitud. Pero parece que ha habido varios pasos en la proporción antebrazo/brazo en nuestra evolución. Primero la proporción era como la de los chimpancés y los ardipitecos, luego el antebrazo se acortó en los australopitecos y en el *Homo habilis*, y a partir de *Homo erectus* se redujo aún más.

Cabe dar varias explicaciones para esta enigmática reducción del antebrazo en la evolución humana. Es posible que un antebrazo corto favorezca las capacidades de la mano para manejar con precisión

objetos pequeños. Luego veremos que a los dedos los mueven unos tendones que son traccionados desde muy lejos, por lo que aproximar la mano al codo podría facilitar la manipulación, pero aún no se ha demostrado experimentalmente, así que de momento solo es una conjetura.

También podría ser que la reducción del antebrazo favoreciera la disipación del calor en nuestros antepasados africanos, pero sucede exactamente lo contario: para perder calor a través de la piel en ambientes calurosos y secos la adaptación es precisamente alargar las extremidades, como ya se ha dicho antes. Por el contrario, acortar los antebrazos reduciría la pérdida de calor, y quizás por eso los neandertales, que evolucionaron en climas europeos bastante más fríos que los africanos, tenían antebrazos más cortos que los nuestros.

Finalmente, un antebrazo corto podría servir para lanzar objetos con más fuerza por encima del hombro, pero veremos en el siguiente capítulo que es todo lo contrario: un antebrazo largo favorecería la propulsión de un venablo o de una piedra porque potencia el latigazo final por el que se comunica al proyectil toda la inercia del movimiento del cuerpo, que empieza en los pies del lanzador y termina en la mano, que catapulta el objeto.

Lo mismo puede decirse de la talla de la piedra: un antebrazo largo proporcionaría a la mano más velocidad, y por lo tanto más fuerza, a la hora de golpear el núcleo con el percutor, del mismo modo que una maza golpea con más fuerza si el mango es largo (aunque se maneja peor, con menos precisión). Eso se debe a que el momento de inercia de un péndulo depende solo de la masa y del cuadrado de la distancia al centro de rotación. En este caso de la longitud del antebrazo al cuadrado.

¿Cuál es entonces la razón de nuestros antebrazos acortados si no sirven para regular la temperatura corporal en el África tropical, ni para lanzar con más fuerza una piedra o una azagaya, ni para golpear, sino todo lo contario? Sigamos buscando una explicación.

Un antebrazo largo pesa más que uno corto, y además el centro de masas (o centro de gravedad) del antebrazo está más lejos del codo. No podemos alargar nuestros antebrazos para experimentar qué pasa, pero podemos poner peso en nuestras manos. De este modo, el centro de masas del antebrazo se aleja del codo hacia la mano, con lo que la longitud efectiva del antebrazo (es decir, la distancia entre la

articulación del codo y el centro de masas) se alarga, lo que a efectos biomecánicos sería lo mismo.

Lo que no podemos hacer de ninguna manera es el experimento de acortar el antebrazo, que es lo que realmente ocurrió en la evolución humana, pero se supone que el resultado sería el contrario al del experimento de poner pesos en las manos.

¿Qué efecto tiene que se aleje el centro de masas del antebrazo respecto del codo?

Recordemos, para empezar, que cuando caminamos o corremos el brazo contrario a la pierna que se adelanta se mueve como un péndulo, mejorando así el equilibrio durante la marcha y reduciendo el coste energético de la locomoción. En ese movimiento intervienen activamente las fibras superiores del músculo deltoides.

Si solo andamos, el efecto del acortamiento del antebrazo es pequeño, porque el codo está muy extendido y los antebrazos son casi una prolongación de los brazos, formando un largo péndulo que llega hasta las manos. Pero cuando corremos flexionamos el codo casi en ángulo recto, y eso se nota muchísimo cuando cargamos pesos en las manos, como saben los deportistas que se ejercitan de esa manera. Puede comprobarse que correr con pesas en las manos aumenta el número de latidos por minuto, es decir, el esfuerzo, que está relacionado con la frecuencia cardíaca. Con pesas en las manos se activan los músculos flexores del codo, es decir, el bíceps femoral y otros músculos sinérgicos. No trabajan en cambio los extensores, como el tríceps, que son antagonistas. Por lo que leo hay controversia sobre si es bueno o no correr con pesas en las manos o llevando muñequeras pesadas, pero ese no es nuestro tema.

En resumen, el acortamiento del antebrazo, primero en los australopitecos y luego en el *Homo erectus*, sería una adaptación para economizar esfuerzos en la carrera, según un grupo de investigadores entre los que se cuenta Daniel E. Lieberman,[2]de quien ya hemos hablado a propósito del glúteo mayor, que también considera una adaptación a la carrera de resistencia.

En los próximos dos capítulos no salen músculos nuevos pero entra en acción uno del que hemos hablado mucho: el glúteo mayor. Vamos a lanzar piedras, dar puñetazos y cosas por el estilo.

*Lección de anatomía del doctor Tulp.* Rembrandt.

# GOLPEAR A DISTANCIA

*En este capítulo el ejercicio más recomendado es el del lanzador de béisbol. Si puede hacerlo con una pelota de tenis (pocos europeos tienen en casa pelotas de béisbol) mucho mejor. Analizaremos con detalle todos los movimientos y veremos que no están al alcance de los chimpancés. Por eso ningún primate lanza piedras con puntería. Y el problema no está en la mano, que es la catapulta, sino en todas las articulaciones que hay que movilizar para llegar hasta ella. Es como bailar el twist. A mí siempre me ha gustado lanzar guijarros planos al agua y hacer que reboten varias veces sobre la superficie. Los giros que hay que dar son muy parecidos a los del béisbol, solo que se lanza por debajo de los hombros. También puede simular que lo hace. No estamos tan mal diseñados, después de todo, los seres humanos.*

## Lluvia de piedras

Suponga que está en la selva y llega a un claro donde se encuentra un grupo de chimpancés. ¿Le sorprendería que la emprendieran con usted a pedradas? Eso es algo que no se ha visto nunca. Un grupo de chimpancés lapidando a un depredador o una pelea a pedradas entre grupos rivales. ¿Se imagina a los chimpancés lanzando cantos con puntería? ¿Verdad que no? Lanzar objetos con tino a mucha distancia es una facultad que en el reino animal solo tenemos los seres humanos. Lo cierto es que para cualquier animal sería una gran ventaja poder acertar desde lejos con una pedrada, porque los guijarros abundan en el campo y solo hay que agacharse a recogerlos. El mismo gesto de bajar la mano para agarrar una piedra ya hace salir corriendo a los perros en los lugares donde las han probado en sus carnes, e incluso pone en fuga a los leones, sobre todo cuando el que se agacha para coger la piedra es un africano. A las hienas las alejan habitualmente así.

Una lluvia de proyectiles lanzada por un grupo mantendría alejado a cualquier enemigo, porque nadie quiere que le abran la cabeza, le rompan un hueso o le partan los dientes de un cantazo. Es terrorífico oír silbar las piedras a nuestro alrededor. Por supuesto que para lanzar objetos hace falta ser un primate, porque solo estos mamíferos tienen las manos adecuadas para hacerlo. Pero no lo hacen, ni siquiera los grandes simios, que son los que más se nos parecen.

En realidad los chimpancés sí lanzan objetos para intimidar, tales como palos y piedras, pero con escasa puntería porque lo hacen desde abajo, no por encima de la cintura. En algunos zoológicos lo que arrojan son heces, y con no tan escasa puntería, como han podido experimentar algunos visitantes. Pero son bombas que describen una parábola, y yo estoy hablando de tiro tenso, del proyectil que vuela recto hacia su objetivo, como si estuviera teledirigido, o como si tuviera un propósito.

Es probable que la dificultad para el tiro no esté tanto en la anatomía del lanzador como en la coordinación de los movimientos del cuerpo. Seguramente por esa misma razón los chimpancés tampoco pueden tallar piedras golpeando una contra otra sin aplastarse los dedos, aunque sí puedan usar rocas para partir nueces. También son capaces de abrir nueces los monos capuchinos sudamericanos. Pero para golpear desde arriba un objeto que descansa sobre el suelo, o sobre un yunque (que puede ser otra piedra o una raíz), no hace falta tanta precisión como para golpear con un percutor sujeto con una mano un núcleo sujeto con la otra, y hacerlo con el ángulo apropiado para fabricar un utensilio. Las herramientas de piedra elaboradas, como un bifaz achelense o una punta musteriense, necesitan muchos golpes precisos.

Podría ocurrir que el problema no fuera cognitivo, es decir, de comprensión, sino de una destreza que nunca serán capaces de adquirir los monos y los simios por más que se los entrene. Es decir, podría ser que entendieran para qué sirve un cuchillo de piedra y que fueran capaces de usarlo si se les da hecho, pero que fueran incapaces de confeccionarlo. Los experimentos de laboratorio con chimpancés parecen apoyar esta idea: no es un problema de inteligencia, sino de habilidad.

Es cierto que los chimpancés tienen el dedo pulgar corto en relación con los otros dedos de la mano, y aunque el pulgar es

oponible (como en todos los primates superiores), su yema queda tan lejos de las de los otros dedos que no puede realizar una pinza de precisión. Sin embargo, esa mano alargada es una especialización de los simios, relacionada con la braquiación, la forma de desplazarse por los árboles colgando de un brazo, cambiando de mano, girando el cuerpo y balanceándose. La mano de los monos capuchinos no tiene esa especialización y se parece más a la nuestra, pero no van más lejos que los simios en la manipulación de rocas. Cuando tratemos la anatomía de la mano volveremos sobre estas cuestiones.

Y lo que ya resulta del todo imposible de imaginar es un chimpancé lanzando una jabalina, o como se dice en prehistoria, un venablo o una azagaya. En primer lugar porque tendrían que aguzar el extremo de un palo para hacer una punta que pudiera atravesar la piel y matar, y para sacarle punta al palo hace falta un utensilio de piedra con un filo cortante. En segundo lugar porque para lanzar una azagaya hay que ser capaz de dar pasos sobre las piernas; es obligatorio saber andar. No se pueden arrojar venablos a cuatro patas y acertar. Y en tercer lugar porque toda la anatomía de un chimpancé, con sus manos torpes, sus hombros altos y su tronco rígido y de muy limitada capacidad de torsión, parece completamente inadecuada para llevar a cabo el lanzamiento de una azagaya.

Se lanza un objeto comunicándole un impulso desde las piernas, pasando por la cadera, el torso, los brazos y las manos. Son necesarios muchos giros y mucho control.

## David y Goliat

Yo no tengo inconveniente en aceptar que los australopitecos podían tallar piedras en ocasiones, e incluso lanzarlas. No parece que hicieran lo primero de forma habitual y sistemática, probablemente porque eran vegetarianos y no tenían mucha necesidad de usar cuchillos. Y aunque en ocasiones fabricaran instrumentos cortantes de piedra, no lo hacían con la suficiente frecuencia como para dejar un registro arqueológico importante. Así que atribuimos los primeros conjuntos de piedras talladas al *Homo habilis*.

Ahora bien, los australopitecos tenían unos caninos muy pequeños y siempre ha sido un misterio cómo podían defenderse de

los depredadores. En la selva el principal enemigo es el leopardo, que se sube a los árboles, y algún chimpancé cae de vez en cuando en sus garras, aunque sea una cría o un adulto enfermo, herido, viejo o aislado. Pero los chimpancés adultos tienen mucha fuerza en los brazos y unos caninos terribles, por lo que no son una presa habitual de estos grandes gatos. Además, se defienden en grupo, y contra eso no pueden hacer nada los depredadores. Con los leones tendrían muchos más problemas, pero no suelen encontrárselos en la selva lluviosa, y además los chimpancés son mucho más ágiles que los leones en los árboles. Sin embargo, los papiones, también sociales y de bocas de lobo, se atreven a desplazarse por la sabana arbolada, combinando la amenaza de sus terribles caninos con la posibilidad de huida a los árboles.

Los australopitecos frecuentaban hábitats más abiertos que los de los chimpancés y parecidos a los de los papiones —ambientes de transición hacia la pradera—, donde podían encontrarse con leones, y no tenían la boca de los chimpancés y de los papiones actuales para defenderse de los grandes gatos, entre los que estaban también los homoterios o tigres de dientes de sable. Es posible que recurrieran entonces a apedrear a sus enemigos. La historia bíblica de David contra Goliat podría ser la de nuestros primeros antepasados, pero nunca lo sabremos.

En la Biblia, David le dice a Saúl que él era el guardián de los rebaños de su padre y que mataba leones y osos con sus propias manos, pero usó una honda para vencer a Goliat. Una honda es una simple tira de cuero con la que se voltea una piedra para que tome velocidad cuando sale despedida, y este invento no se lo podemos atribuir a los australopitecos. Yo, al menos, no me imagino a Lucy convertida en hondera. Los australopitecos tendrían que lanzar entonces la piedra con la mano, con toda la fuerza y puntería de la que fueran capaces.

No podemos evitar que nuestra mente vuele ahora hasta el más famoso David de la historia del arte, el de Michelangelo Buonarroti. La gigantesca estatua está en Florencia y esconde un secreto en la mano derecha, que está algo plegada. Se trata de un misterioso objeto que recuerda la empuñadura de algo. Aunque no se ve muy bien, la forma parece cilíndrica. Está claro que la mano izquierda sostiene la honda sobre el hombro y la espalda está cruzada por lo que parece una

correa. Podría tratarse, pero solo es una conjetura, de una honda atada a un palo, del que solo habría esculpido Miguel Ángel el extremo, que queda en el interior de la mano derecha. Esta honda llamada «de fuste» (*fustibulo* en latín) era utilizada por los soldados romanos porque aumentaba la potencia del lanzamiento, al añadir una palanca (el palo) a la honda. Enseguida hablaremos de una antigua máquina de lanzar jabalinas que también se basa en la prolongación del brazo. Y por supuesto, la próxima vez que visite el museo del Prado no se pierda el cuadro *David vencedor de Goliat* de Caravaggio.

Con toda seguridad los australopitecos no eran capaces de matar leones con sus propias manos, ¿pero fue así, lanzando piedras, como el australopiteco/David venció al león/Goliat?

El mejor ejemplo que se me ocurre en el deporte moderno —comparación inevitable en estos tiempos— de lanzamiento de una bola parecida a una piedra es el del béisbol, en el cual el lanzador —el *pitcher*— tiene que tener un brazo titánico para destacar en la especialidad. Se requiere mucha fuerza y puntería para superar al bateador, porque hay que darle a la pelota velocidad y dirección.

Es aún más complicado que tallar piedras, porque hace falta mover en secuencia las articulaciones del tobillo, de la rodilla, de la cadera, del hombro, del codo, de la muñeca y las de los dedos.

## Volvemos al glúteo mayor

El glúteo mayor es sin duda un músculo que no se puede perder de vista, dado su enorme volumen. Por eso no deja de ser sorprendente que sigamos sin estar seguros de cuál es su función principal. Por qué se desarrolló tanto. Cuál fue la ventaja selectiva que proporcionó a nuestros antepasados. Desde cuándo, en la evolución humana, existe con ese tamaño.

He mencionado en su momento tres funciones. Dos eran puramente biomecánicas: ponerse de pie, una, y correr, otra. La tercera era reproductiva: parecer más atractivos al sexo contrario.

Las dos funciones biomecánicas tienen que ver con un movimiento que produce el glúteo mayor: la extensión del tronco sobre el fémur. Una buena forma de sentir al glúteo mayor es realizando un movimiento muy conocido de estiramiento. Consiste en

tumbarse, sujetar con las dos manos una de las dos piernas por debajo de la rodilla, flexionarla y aproximar el muslo al pecho, abrazándolo, hasta que sintamos cómo el glúteo mayor tira por detrás. Es lógico, al ser el glúteo mayor un extensor de la cadera, el músculo se *elonga* cuando se flexiona a fondo la articulación, llevando a cabo el movimiento contrario.

Hasta ahora hemos hablado de este músculo tan voluminoso en relación con la extensión de la cadera, pero el glúteo mayor, al contraerse, también produce el movimiento de rotación externa del muslo actuando sobre el fémur. Eso quiere decir que, si la cadera está fija, la contracción del glúteo mayor hace que la punta del pie gire hacia fuera (es decir, gira el muslo y giran con él la pierna y el pie).

Por el contrario, cuando es el pie el que está fijo la contracción del glúteo mayor produce una rotación interna de la cadera, de manera que gira hacia el otro pie. Y es ese movimiento el que resulta crucial al arrojar una piedra.

Cuando lanzamos un guijarro lo que hacemos es proporcionarle la energía cinética de un movimiento, que es precisamente el de rotar la cadera hacia el otro pie. Si uno es diestro, rota la cadera derecha hacia el pie izquierdo (en sentido contrario a las agujas del reloj). Puede practicar adoptando la postura exagerada del lanzador de béisbol, que (si es diestro) se apoya sobre el pie derecho y mantiene la pierna izquierda flexionada con el pie izquierdo en el aire.

En un momento del giro se cambia el punto de apoyo, que pasa a ser el pie contrario (el izquierdo en el caso del lanzador diestro). Entonces actúa el glúteo mayor contralateral (el del lado izquierdo) frenando en seco la rotación de la cadera y del torso, con lo que toda la energía cinética se comunica al brazo, a la mano, a los dedos, y por fin a la pelota/piedra, que sale catapultada.

Es lo mismo que sucede cuando frena un coche en seco y salen proyectados hacia delante los objetos que estaban sueltos dentro del vehículo... y las personas si no llevaban abrochado el cinturón de seguridad como deberían. En resumidas cuentas, en el lanzamiento de objetos interviene todo el cuerpo: pies, piernas, cadera, torso, brazos y manos.

De este modo, el glúteo mayor habría resultado una adaptación indispensable para lanzar objetos con fuerza y puntería. La idea y la demostración de que el glúteo mayor interviene en el lanzamiento

certero de piedras hacia un blanco móvil la propusieron M. Marzke, J. Longhill y S. Rasmussen, en una investigación (de 1988) en la que utilizaron electrodos implantados en la porción superior (craneal) del glúteo mayor para ver en qué movimientos del cuerpo se activaban estas fibras musculares.[1]

Y hay más posibles adaptaciones del glúteo mayor, muy importantes, de las que tenemos que hablar cuanto antes.

## Punta hacia arriba

No sé por qué, pero me cuesta trabajo representarme a Lucy como lanzadora de béisbol, haciendo esas posturas raras que adoptan los *pitchers* para tomar impulso, aunque no tengo problemas para imaginar así a cualquiera de los treinta individuos de la Sima de los Huesos, en Atapuerca, o de sus antepasados de la especie *Homo antecessor*, encontrada en otro yacimiento de la misma sierra (Gran Dolina), o al *Homo erectus*, que podría estar representado en Atapuerca por una mandíbula aún más antigua y una cara encontradas en un tercera cueva (Sima del Elefante). Incluso me puedo imaginar a todas las especies de Atapuerca arrojando una lanza a una presa para matarla, incluidos los neandertales, que también se han encontrado en Atapuerca, y por supuesto al *Homo sapiens*.

El problema con las lanzas de madera es que por su naturaleza no se conservan, porque la madera se pudre. Aunque no siempre. Hay un yacimiento en Alemania llamado Schöningen donde se han encontrado armas de madera milagrosamente conservadas en un antiguo pantano en el que la falta de oxígeno ha impedido que se descompongan. En Schöningen hay muchos caballos que fueron cazados y descuartizados allí mismo, en los pantanos.

Su edad es de 300.000 años, más o menos la de los humanos de la Sima de los Huesos en Atapuerca, a los que podemos imaginar sin ningún reparo armados con palos con un extremo apuntado.

Estas armas de Schöningen están hechas de pícea (abeto rojo), previamente pelada y descortezada con un filo de piedra. Con los palos más largos hay dudas acerca de si fueron lanzados como una azagaya o más bien se utilizaron en la defensa y el ataque como una pica, es decir, para clavarlas en el enemigo sin soltarlas. En un estudio

experimental reciente se han fabricado armas como aquellas, con los mismos materiales y la misma técnica, y se han reclutado lanzadores deportivos de jabalina para ver hasta dónde podían llegar esos proyectiles con fuerza, es decir, con capacidad de herir si llegaran a impactar contra un animal. El resultado es que podrían alcanzar a 20 metros a un caballo, por ejemplo. Puede que esa distancia no le impresione, pero es mucho mejor que tener que arrastrarse hasta llegar al caballo sin que se dé cuenta para clavarle una lanza sin soltarla de la mano. Además, un caballo no es peligroso, pero un uro o un bisonte sí lo son. Si en lugar de un venablo se lanzaban varios a la vez —una lluvia de venablos—, el resultado sería mucho mejor, y con toda seguridad la caza mayor se realizaba en grupo. Algunos de estos proyectiles de madera se perderían en el pantano de Schöningen y no los recuperarían los cazadores, y así es como han llegado hasta nosotros.

Tan interesantes como las lanzas me parecen otros hallazgos de madera de Schöningen: unos palos cortos aguzados por los dos extremos que se supone que se lanzaban para que giraran en el aire hasta que impactaban en la presa. No se trata de *boomerangs* del tipo de los australianos porque no volvían a la mano, sino de proyectiles que volaban rectos, aunque haciendo molinetes. Se piensa que servían para matar aves o pequeños mamíferos, o para espantar a los caballos en la dirección conveniente para que se encontraran con la línea de cazadores emboscados que portaban lanzas. La habilidad que se requiere para hacer que vuelen estas armas no es pequeña.

## Punta hacia abajo

No quiero dejar el palo con punta sin mencionar otra función muy importante de esta tecnología, que es la de cavar, es decir, apuntar con el palo hacia abajo. Un palo de cavar permite acceder a unos recursos muy importantes, especialmente en las regiones cálidas, que son los órganos de almacenamiento subterráneos, llenos de almidón, de algunas plantas. También se pueden usar para destripar hormigueros y termiteros. Se ha podido comprobar que la aportación económica de estas raíces engrosadas, tallos subterráneos, bulbos y tubérculos es muy grande, y sobre todo más regular que la caza

mayor. Es decir, allí donde hay buenos geófitos el palo dirigido hacia abajo sería imprescindible en la economía del grupo. Esta es una tarea que realizan sobre todo las mujeres y los hombres mayores, al menos en los pueblos de cazadores y recolectores modernos.

Como todo el mundo sabe, el ejercicio de cavar, con un palo o con una azada, se realiza con el cuerpo doblado, por lo que el glúteo mayor es muy importante para enderezar el cuerpo cada vez que queremos dejar de cavar y erguirnos. He aquí otra importante función del glúteo mayor, como demostraron M. Marzke, J. Longhill y S. Rasmussen en su estudio clásico de 1988. También pusieron de manifiesto, utilizando la técnica de registro eléctrico de la actividad muscular (electromiografía), que el glúteo mayor en su porción craneal se utiliza mucho cuando se recolecta, es decir, cuando se camina unos pasos, se pone en cuclillas el sujeto para coger comida del suelo, se levanta, anda un poco más para volver a agacharse, y así una y otra vez. Dicho con otras palabras, la porción craneal del glúteo mayor podría haber intervenido en muchas actividades de la vida de nuestros primeros antepasados. Para lanzar piedras, para cavar y para recolectar, de momento, pero aún mencionaré otra más adelante en este libro.

## La primera máquina de la historia

Para lanzar algo se necesita preparar antes el brazo, como lo hace el jugador de baloncesto cuando «arma el brazo» (así se dice en la jerga deportiva) para lanzar a canasta. Lo mismo vale para el lanzador de peso (en atletismo) o para al *pitcher* de béisbol. Armar el brazo consiste en flexionar la articulación del codo, ni más ni menos, de manera que el antebrazo se flexione sobre el brazo. El impulso se consigue extendiendo el brazo con el proyectil antes de soltarlo, como si se extendiera un muelle que estaba contraído y que comunica así su energía al objeto que se proyecta, sea una piedra, una pelota de baloncesto o de béisbol, un peso, o una jabalina.

Mucho después de Schöningen, en el Paleolítico superior, aparecen dos máquinas que multiplican la fuerza del brazo. Una es el arco y la otra, el lanzador de azagayas o propulsor, y es nuestra especie, el *Homo sapiens*, la que las inventa. Seguramente la invención

del propulsor fue anterior a la del arco.

Me voy a detener ahora en el propulsor, porque es casi anatomía humana. Consiste en un gancho con un mango. De esta manera ya hay un segmento más que interviene en el lanzamiento, como si el propulsor fuera un hueso del propio cuerpo que se articulara con el antebrazo a través de la mano. En realidad, el propulsor es una prótesis que hace telescópico al brazo, porque se puede alargar gracias a ella. Si lo piensa bien, ya hemos hablado antes de otro gancho, el que forma en el codo el olécranon del cúbito.

El resultado cuando se extienden las dos articulaciones (la del codo y la de la prótesis) es más alcance y más precisión en el lanzamiento. La precisión es tan importante como el alcance, porque en los experimentos realizados por atletas con las lanzas de Schöningen resultaba difícil conseguir la estabilidad en el vuelo de la jabalina, y por lo tanto mantener su dirección hacia el blanco, aunque no sabemos de qué serían capaces unos seres humanos acostumbrados a lanzar desde niños. En todo caso, la invención del propulsor y del arco supuso sin lugar a dudas un gran avance en la tecnología de la caza, y solo se lo podemos atribuir a nuestra especie.

*David vencedor de Goliat.* Caravaggio. Museo del Prado.

# PARA QUÉ SIRVE UNA MANO

*Mírese la mano mientras toca con la yema del dedo pulgar las yemas de los otros dedos, uno detrás de otro. Es fácil, ¿verdad? Se nos da bien a los humanos hacer esto. Si quiere llevarse a la boca una semilla o un grano utilizará solamente las yemas de los dedos pulgar e índice para hacer una pinza. Lo mismo hará si arranca una mora directamente de la zarza. Si agarra una llave como para abrir una cerradura hará seguramente una pinza con la yema del pulgar y el canto del dedo índice. Tome un bolígrafo y haga el gesto de escribir. Verá que sujeta el bolígrafo con las yemas de los dedos pulgar e índice y lo sostiene contra el canto del dedo anular (aunque podría escribir si quisiera haciendo solo la pinza con las yemas del pulgar e índice). Tome ahora una pelota de tenis o una canica o cualquier otra esfera como si la fuera a lanzar. Si es una bola pequeña utilizará los dedos primero, segundo y tercero. Si es grande utilizará los cinco dedos para sujetar la esfera. Todas estas formas de sujetar objetos se clasifican como agarres de precisión o pinzas de precisión. Ahora tome un martillo (sujetándolo por el mango, claro está) como si fuera a golpear con él. Esta sujeción se conoce como agarre de fuerza y es la que se usa para descargar un golpe con una herramienta o con un arma contra algo o contra alguien.*

## La pregunta

Si existen tantas especies en nuestro planeta será porque se ganan la vida de diferente manera. Cada especie tiene adaptaciones propias, específicas, a sus correspondientes nichos ecológicos, soluciones a problemas de supervivencia que no son los mismos.

Para qué evolucionó la mano humana, es decir, qué trabajo realiza, es una de las grandes preguntas que se hace la paleoantropología desde que sabemos que no fuimos creados por un ser divino tal y como somos ahora, sino que, como se decía en la

época de Darwin, «venimos del mono». ¿Cuál es entonces la función específica de la mano humana, tan diferente de la del chimpancé?

Cuando el ser humano usa las manos por lo general las tiene delante de los ojos, como si fuera la vista la que guiara sus movimientos. Pero detrás de los ojos que miran está el cerebro, por lo que es inevitable pensar que manos, mirada y mente están conectados de alguna manera. ¿Pero es así?

La explicación que parece más obvia para el origen de la mano humana es la de que les fue útil a nuestros antepasados para confeccionar herramientas de piedra. Aquellos que tenían esa habilidad tecnológica sobrevivieron, los que no la tenían murieron o tuvieron menos hijos, que a su vez se reprodujeron menos y así hasta que sus genes desaparecieron del planeta Tierra. De este modo es como trabaja la selección natural. La siguiente pregunta es, inevitablemente, en qué empleaban nuestros primeros antepasados las herramientas de piedra, y la respuesta suele ser que para trocear y descarnar animales y luego comérselos.

Pero esa es una hipótesis que, simplemente, ha sido refutada por la ciencia, porque los australopitecos, que tenían una mano que ya era en esencia como la nuestra, no confeccionaban útiles de piedra, y la carne no era una parte importante de su dieta. Su nicho ecológico no era el de cazadores, ni siquiera el de carroñeros, sino el de comedores de plantas. Venimos de animales vegetarianos, sin ninguna duda. Aunque luego nos hiciéramos omnívoros.

## La hipótesis granívora

¿De qué les servía entonces a los australopitecos una mano con una maravillosa capacidad de manipular objetos con la más exquisita precisión? Hay muchas contestaciones a esta pregunta, y voy a empezar por una que emitió el biólogo español José Antonio Valverde y que se llama *la hipótesis granívora*. Me gusta porque se basa en la anatomía comparada. Valverde no era un paleoantropólogo, sino un biólogo de espectro muy amplio y sobre todo un ecólogo y un conservacionista, y su hipótesis está basada en su conocimiento de los animales. Es muy frecuente que los que estudian la evolución humana busquen las explicaciones solo en nuestro linaje, explicaciones

internas, podríamos decir, como si no tuviéramos nada que aprender del resto de la biosfera, como si la nuestra fuera una historia en la que solo hay un personaje en escena y las demás especies no tuvieran ningún papel, como si el ecosistema fuera solo un decorado.

Valverde observó que los mamíferos y las aves que comen predominantemente granos tienen separada la pinza de manejar la semilla del órgano triturador con el que la muelen. En un ave granívora como una gallina la pinza es, obviamente, el pico, y el órgano triturador es la molleja, que está en el tubo digestivo, porque los pájaros no tienen dientes para masticar.

Los mamíferos sí tienen dientes, pero separan los dientes de delante, los incisivos, que son los que forman la pinza, de los dientes de detrás, las muelas, que son los que muelen, como su mismo nombre indica. Entre medias queda un espacio sin dientes llamado diastema.

Vale para los dientes de delante, los incisivos, lo que he dicho a propósito del bíceps y de la flexión del codo, porque una pinza es una palanca de tercer género, exactamente como el codo que vimos en el capítulo anterior. Recuerde la alineación de proximal a distal del codo: la articulación, que sería el punto de giro (el pivote); el bíceps, que sería la potencia, y la pesa que sujetamos con la mano, que sería la resistencia que hay que vencer al flexionar el codo con la fuerza de la contracción (concéntrica) del bíceps.

En una pinza de depilar las cejas o en una pinza quirúrgica el punto de giro, la bisagra, está también detrás del todo, la fuerza se aplica con los dedos un poco por delante, y el objeto se sujeta con el extremo de la pinza, que se abre y se cierra. Puede hacer la prueba. ¿Hay pinzas de depilar en casa?

Si ha comprendido esto entenderá sin problemas que el pico de un pájaro es una pinza, donde el punto de giro es la articulación de la mandíbula con el cráneo. Lo mismo puede decirse del roedor cuando sujeta una semilla entre los incisivos de arriba y los de abajo, incisivos que además son de crecimiento continuo porque se gastan mucho. Las liebres no son roedores, sino lagomorfos, pero también vale lo anterior.

Y por cierto, cuando nosotros damos un bocado a una manzana con los incisivos también estamos aplicando una palanca de tercer grado, porque como veremos en su momento los músculos que cierran la boca se disponen entre medias de los incisivos y de la articulación

de la mandíbula con el cráneo. Los humanos tenemos poca proyección de la cara (poco prognatismo, se dice técnicamente), pero los chimpancés y demás simios tienen la cara muy proyectada, de modo que su palanca de tercer grado con los incisivos es de libro.

Del capítulo anterior recordará que la palanca de tercer género es desventajosa mecánicamente, porque el brazo de la resistencia es más largo que el de la potencia, pero proporciona mucha amplitud o rango de giro y por lo tanto mucha velocidad de movimiento. Exactamente eso es lo que pasa con el pico de las aves y con los incisivos de los roedores, esas dos palancas de tercer género de la ingeniería biológica.

Pues bien, según la hipótesis de Valverde se habría producido este mismo fenómeno en la evolución humana, solo que el órgano manipulador de objetos pequeños, de semillas, pasaría a ser la mano en lugar de los incisivos, mientras que la boca se especializaría en la trituración. Y en efecto, los australopitecos, que tenían una mano muy parecida a la nuestra, ya habían desarrollado unas grandes muelas (molares y premolares), recubiertas además de esmalte engrosado para resistir el desgaste producido por un alimento que necesariamente tendría que ser abrasivo para requerir este aporte adicional de esmalte.

Podemos añadir, en refuerzo de esta teoría, que, después de los humanos, los primates que mejor uso hacen de su mano no son nuestros parientes más cercanos, los grandes simios, sino otros bastante más alejados: los papiones, geladas, mandriles y macacos (que forman el grupo de los cercopitecinos). Así es: la mano de un macaco se parece más a la nuestra que la de los chimpancés. Solo tiene que ir a ver macacos a Gibraltar o al norte de África (de donde son originarios los de la Roca) para comprobarlo. Y todos estos monos se caracterizan porque una gran parte de su alimentación se basa en semillas y otros alimentos (hierba, insectos) que tienen que manejar con cierta delicadeza, mientras que los grandes simios se alimentan de frutos maduros o de hojas y tallos verdes, que no obligan a una gran habilidad con las manos.

Yo no soy partidario, como espero que se transparente en este libro, de las teorías en las que un cambio en una sola estructura, al servicio de una sola función, permite entenderlo todo, como si el organismo estuviera hecho de muchas piezas independientes. Prefiero dividir menos el cuerpo humano y considerarlo más un sistema

integrado y lleno de equilibrios, en el que los cambios en anatomía afectan a muchas funciones, como estamos viendo con el glúteo mayor, cuyo enorme volumen en nuestra especie no se puede explicar, me parece a mí, solo con una función.

La hipótesis de Valverde puede ser confrontada con los hechos, y por lo tanto es científica, comprobando si hay coincidencia en la evolución humana entre: i) el cambio hacia una dieta rica en semillas; ii) la expansión de la dentición posterior y el engrosamiento del esmalte, y iii) la modificación de la mano. Y de momento parece que hay coincidencia.

No tengo duda por ello de que la hipótesis de Valverde puede ser incorporada con todos los honores a la lista de explicaciones científicas que se han propuesto en relación con el origen de la mano humana. Pero también es posible, y me parece que hasta probable, que varias de las hipótesis (si no todas) tengan razón.

Y pasemos ahora a ver otra.

## Leer el pasado en las rayas de la mano

Flexione los dedos de la mano en un puño y míresela en posición supina (con la palma hacia la cara). Observará cómo los nudillos están escalonados del índice al meñique y las falanges forman una diagonal respecto del eje de la mano y del antebrazo.

Ahora apriete el dedo pulgar contra el dedo corazón para cerrar el puño con fuerza. Es como si la mano humana estuviera diseñada para agarrar una barra, como si esos dedos estuvieran esperando un mango que apretar contra la palma de la mano.

Abra ahora la mano y mire los dos surcos transversales que atraviesan la palma desde el lado del dedo índice al del meñique: ¿no tienen la misma dirección diagonal que un mango? Las rayas de las manos han sido tradicionalmente utilizadas para adivinar nuestro futuro, lo que nos espera. Es pura superchería, desde luego, pero mire usted por dónde leer las rayas de la mano nos podría dar una información valiosa sobre nuestro pasado.

Vuelva a cerrar la mano con decisión, con la yema del pulgar sobre el dedo corazón. Y ahora que el mango está fuertemente asido en su imaginación como si fuera de un martillo haga el gesto de

golpear para clavar un clavo, también imaginario, contra la pared. Verá como su mano se inclina hacia el lado interno del antebrazo, el del cúbito, realizando una notable inclinación cubital, de muchos grados de giro. No cabe duda de que la anatomía de nuestra muñeca y su capacidad de inclinarse, aducirse, hacia el lado del cúbito es imprescindible para clavar un clavo. La aducción de la muñeca, pruebe y lo verá, tiene mucha más amplitud que el movimiento contrario: la abducción o inclinación radial.

Pues bien, para realizar ese gesto de aducción que acaba de hacer es para lo que se modificó la mano humana según otra teoría, la de la agresión. Nuestros antepasados no clavaban clavos en la pared, sino que golpeaban con una maza el cráneo de sus enemigos, aunque fueran de la misma especie o incluso del mismo grupo social.

## Tipos de agarre

Pero veamos en qué se basa esta hipótesis tan violenta y si tiene asidero científico. John R. Napier publicó en 1956[1]un estudio clásico sobre la mano humana, que según él se distinguía de la de cualquier otra especie en que podía realizar dos tipos de agarre: el de precisión (*precision grip*) y el de fuerza (*power grip*). El de precisión se realiza haciendo pinza con el dedo pulgar y cualquiera de los otros dedos, porque podemos oponer la yema del pulgar a todas las demás yemas sin problemas. Pruebe a hacerlo. Si el objeto a sujetar es grande se recurrirá a los cinco dedos, pero si es más pequeño la pinza se realizará con el pulgar, el índice y el corazón, mientras el anular y el meñique proporcionan soporte lateral. El agarre de fuerza es la sujeción diagonal que he descrito en los párrafos anteriores, y consiste en sujetar un objeto contra la palma usando los dedos índice a meñique. Napier ilustraba el primer tipo de agarre con una mano que sujeta una esfera con los dedos y el segundo con una mano que sujeta un cilindro.

Años más tarde (en 2003) Richard W. Young[2]llegó a la conclusión de que los dos tipos de agarre de Napier (que describe como *sphere grip* y *cylinder grip*) apuntaban directamente a que la mano humana se desarrolló para lanzar piedras (*throwing grip*) y golpear con un palo de arriba abajo (*clubbing grip*).

Ya hemos visto cómo experimentando con sujetos humanos por medio de la electromiografía, M. Marzke, J. Longhill y S. Rasmussen descubrieron en 1988 que el músculo glúteo mayor (en su porción craneal) se pone en acción cuando se lanza una piedra. Como recordará, si el lanzador es diestro, la pelvis y el tórax rotarán en sentido contrario al de las agujas del reloj durante el lanzamiento, de modo que primero interviene (con un grado moderado de actividad) el glúteo mayor derecho, impulsando el giro, y luego entra en acción (más intensamente) el glúteo mayor izquierdo frenando el movimiento del torso, a ser posible en seco, para que toda la energía cinética pase de golpe al brazo, de ahí a la mano y finalmente a la piedra. Es, en esencia, un latigazo.

La precisión en el momento de darle el último impulso a la piedra con los dedos (a modo de catapulta) tiene que ser absoluta, porque un error de muy pocos grados en la curva descendente del brazo supone fallar el blanco, como se ha podido comprobar en el béisbol.

En ese mismo trabajo de 1988, M. Marzke, J. Longhill y S. Rasmussen también descubrieron que el glúteo mayor se activaba cuando se golpeaba de arriba abajo con un palo. Si el palo lo maneja un diestro solo se activará, y con marcada intensidad, el glúteo mayor del lado izquierdo. Si se maneja el palo con las dos manos intervienen ambos glúteos, pero con intensidad moderada.

Solo un bípedo puede lanzar piedras con puntería sobre un blanco móvil o golpear con un palo, porque en la postura cuadrúpeda es imposible realizar estas funciones con un mínimo de eficacia. En uno y otro ejercicio interviene prácticamente todo el aparato locomotor, además de una mano con la necesaria capacidad de sujeción. Por eso Young postula que el lanzamiento de piedras sobre blancos móviles y el uso de palos para golpear no solo modificaron la mano de nuestros antepasados, sino que también podrían explicar la postura bípeda, al menos en parte.

## Un instrumento político de los inicios de la prehistoria

El conocido primatólogo de los Países Bajos Frans de Waal se atrevió en 1982 a titular un libro como *La política de los chimpancés*, atribuyéndoles a nuestros primos hermanos una inteligencia social y

una capacidad para la intriga (la *inteligencia maquiavélica*, como se la ha llamado) que en aquella época se les negaba a los *animales*. Se consideraba por eso poco científico utilizar expresiones del campo de la psicología o de la sociología humanas para describir el comportamiento de las otras especies biológicas. Los animales solo tenían conducta, no motivaciones, propósitos o estrategias. Y mucho menos política. No parecía serio que un estudioso del comportamiento tratara de penetrar en la mente de un animal. Ni siquiera estaba bien visto hablar de la mente de los animales.

El militar prusiano Carl von Clausewitz escribió mucho antes que Frans de Waal que «la guerra no es simplemente un acto político, sino un verdadero instrumento político, una continuación de las relaciones políticas, una gestión de las mismas por otros medios». Así pues, ahora que podemos hablar de *la política de los chimpancés*, se podría decir también que nuestros primeros antepasados *gestionaban sus relaciones políticas* con una maza. La imagen que mejor expresa esta idea es la del simio que golpea con un hueso, de arriba abajo, la cabeza del macho alfa del grupo enemigo en la película *2001. Una odisea del espacio*, dirigida por Stanley Kubrick con guion de Arthur C. Clarke y estrenada en 1968. Después de todo, ¿no mató Caín a Abel con una quijada de burro golpeándolo, suponemos, de arriba abajo?

Pero ni siquiera hace falta una maza, de palo o de hueso, para causar graves daños a otro ser humano. Basta con el puño cerrado, una de las especialidades de nuestra raza. El puñetazo en la cara pude ser muy doloroso y, como en el caso del bastonazo, exige para ser efectivo que se propine con los pies bien asentados en el suelo. Como saben los boxeadores, se golpea desde las piernas.

La maza y el puño son por lo tanto dos tipos de agresión que se asocian a la postura erguida, no como el mordisco de los carnívoros, que se propina a cuatro patas.

No era necesario que la postura erguida fuera seleccionada específicamente para el conflicto entre individuos, podría haber servido primeramente a otros fines, pero indudablemente favorece el uso de las manos y de los brazos en la lucha cuerpo a cuerpo. En la postura cuadrúpeda los colmillos son la parte más adelantada del cuerpo, pero en la postura bípeda son las manos, al final de los brazos, las que van por delante.

Hay un autor, David R. Carrier,[3]que sostiene que en la anatomía

de los australopitecos podemos ver muchas características que fueron seleccionadas, directamente, para el combate entre machos. Empecemos por recordar que la violencia no es ajena a nuestra especie, y que es mucho más frecuente (veintisiete veces más) entre hombres que entre mujeres. Los huesos más afectados por traumatismos en estas peleas son los de la cabeza, como ha sido siempre.

Nada nuevo, por otra parte, porque nuestros parientes más cercanos, los chimpancés y los gorilas, utilizan los brazos y las manos en sus riñas, e incluso se levantan para sujetarse y empujarse mejor. No son los únicos animales que se ponen de pie, apoyándose el uno contra el otro, para pelear. La lista es muy larga e incluye toda clase de mamíferos, pequeños y grandes. Piense en los perros, por ejemplo, pero también en gatos, leones y tigres, roedores, liebres y hasta en los osos hormigueros. Todos se enfrentan cuerpo a cuerpo, es decir, de pie.

Aunque con menos destreza que nosotros, los chimpancés también recurren a las piedras y a los palos en sus exhibiciones para amedrentar al rival. O sea, antes de que fuéramos bípedos ya luchábamos de una manera que prefigura nuestros combates de hoy, ahora que somos plenamente bípedos y tenemos una mano que se puede cerrar en un puño muy duro para golpear, o que puede lanzar una piedra con puntería o manejar una tranca con soltura. Ninguna de estas tres funciones, le recuerdo, están plenamente al alcance de la mano del simio. No boxean, no lanzan piedras, no golpean con mazas. Solo muerden.

## El experimento

Con el propósito de poner a prueba la hipótesis de que a lo largo de la evolución humana el combate entre machos ha sido una fuerza de selección importante, David R. Carrier, Nadja Schilling y Christoph Anders[4]llevaron a cabo en 2015 un experimento, poniendo electrodos a quince hombres deportistas, a los que hicieron realizar una serie de ejercicios que podríamos relacionar, bien con el combate, bien con la carrera. Estos ejercicios eran: empujar de lado, levantar verticalmente un peso, golpear con el puño, saltar verticalmente desde la posición de

sentadillas, caminar a un ritmo cómodo, correr a doce kilómetros por hora, esprintar y correr cuesta arriba a dieciséis kilómetros por hora.

Para posicionar los electrodos se eligieron músculos de la espalda y de la pierna. Todos esos músculos los hemos estudiado aquí, aunque sea en un apéndice, y por eso los voy a enumerar. Así, además de entender mejor el experimento, repasamos la anatomía muscular y le encontramos una utilidad al conocimiento que hemos adquirido. Los músculos son: el m. dorsal largo y el m. multífido de la espalda; el m. glúteo medio, el m. glúteo máximo y el m. tensor de la fascia lata de la cadera; el m. bíceps femoral y el m. semitendinoso entre los isquiotibiales (cara posterior del muslo); el m. recto femoral, el m. vasto interno y el m. vasto externo del cuádriceps (cara anterior del muslo); el m. gastrocnemio (gemelos) y el m. sóleo de la pantorrilla, y el m. tibial anterior, también de la pierna.

El resultado fue que en ocho de los trece músculos el momento de máxima actividad se producía durante el salto vertical, y que en los otros cinco músculos la actividad media más alta se registraba al golpear con el puño. Desde luego, saltar verticalmente desde la posición de cuclillas es un esfuerzo violento que pone a prueba el vigor del sujeto, y que tiene bastante relación con los esfuerzos que se hacen en la lucha cuerpo a cuerpo; más relación, desde luego, que con la carrera. En pocas palabras, y a pesar de lo que han dicho otros autores, no parece que los músculos de la espalda, de la cadera, de los muslos y de la pierna hayan sido seleccionados específicamente para la carrera, sino más bien para esfuerzos explosivos, como los de la lucha, y para golpear con el puño.

En un trabajo anterior, Carrier[5] había demostrado que se dan puñetazos con mucha más eficiencia con el tronco orientado verticalmente (postura ortógrada) que con el tronco horizontal (postura pronógrada), es decir, se boxea mejor desde la postura bípeda que desde la cuadrúpeda. Parece evidente, pero había que probar en el laboratorio de fisiología que es mucho más duro el golpe cuando se da desde arriba. Los cuadrúpedos no son buenos boxeadores, y por eso se ponen de pie para pelear.

## La larga lista

Tenemos una explicación más que añadir a la larga lista de las que se han aducido para encontrarle una ventaja adaptativa a la locomoción sobre las dos piernas. La mayoría de ellas las hemos comentado ya, pero no viene mal darles un repasito:

- Gastar menos energía en la marcha (eficiencia).
- Agotar a las presas en la caza por resistencia.
- Vadear ríos con el agua por la cintura y así poder explotar los abundantes recursos de las zonas húmedas tropicales.
- Exponer menos superficie de piel a la radiación cuando el sol está en todo lo alto.
- Mejorar la refrigeración al separar el cuerpo del suelo ardiente y aprovecharse de las brisas para evaporar el sudor y enfriar la piel.
- Cargar cosas para uno mismo (alimentos, herramientas).
- Aprovisionar (los machos) a las hembras que permanecen con las crías en el campamento.
- Transportar a las crías en las marchas (las hembras).
- Alcanzar desde el suelo frutos altos a los que no llega un cuadrúpedo.
- Sostenerse de pie sobre las puntas de las ramas para alimentarse de frutos en los árboles.
- Liberar las manos y dedicarlas a otras funciones, como la fabricación de utensilios.
- Intimidar a los depredadores haciéndose más grande.
- Lanzar piedras.

Y ahora, también para combatir cuerpo a cuerpo contra otros machos.

## La fábula del galgo y el pitbull

Comparemos ahora dos razas de perros, aunque nos parezca que no viene a cuento. ¿No estamos hablando de simios y de humanos? Pero ya he dicho que me encanta la anatomía comparada. Imaginemos un galgo y un pitbull que pesen lo mismo, digamos treinta y cinco kilos. ¿Qué diferencias encontramos? El galgo es más alto, tiene las patas

más largas, es más estrecho, la cara es más afilada. La morfología del pitbull es la contraria y, además, sus extremidades anteriores son más fuertes que las posteriores, mientras que las patas de atrás son las dominantes en el galgo.

David Carrier piensa que esta comparación refleja las mismas diferencias que encontramos entre un australopiteco y un humano actual, si los imaginamos uno al lado del otro. A mí me parece que la comparación es todavía mejor si nos comparamos con un neandertal, porque podemos elegir dos individuos que pesen exactamente lo mismo, igual que hacía Carrier con las dos razas de perros.

El pitbull es una raza que ha sido seleccionada para pelear, mientras que el galgo lo fue para correr. De esto no cabe duda alguna, podemos estar absolutamente seguros. Los mismos principios estructurales se aplicarían a los australopitecos y a los humanos, y aquí ya entramos en el terreno de la especulación. Según Carrier los australopitecos fueron seleccionados para pelear, mientras que nuestra especialización es la carrera. Veremos en qué se basa.

Como el pitbull, el australopiteco tenía una gran anchura del cuerpo (recuerde sus amplias caderas), y piernas cortas (es decir, un centro de masas cercano al suelo), cualidades ambas que le proporcionarían una gran estabilidad en el combate. Además, como en el pitbull, la fuerza del australopiteco estaba en las extremidades anteriores/superiores, que son las que se usan en la pelea cuerpo a cuerpo. En cambio, los australopitecos no serían buenos corredores.

Da por lo tanto la impresión de que hay una incompatibilidad entre las adaptaciones para la lucha y las especializaciones para la carrera. No se pueden tener todas: o eres pitbull o eres galgo, pero no existe un pitbull que gane carreras en el canódromo. Pero ahora veremos que sí es posible que un luchador corra a gran velocidad.

## La fábula de la cebra y el ñu

Las especies de mamíferos en las que se producen más conflictos entre los machos son aquellas en las que un macho se reproduce en exclusiva con un grupo de hembras y no permite que se acerque ningún otro macho con intención de cubrir a las hembras que tiene cerca. Eso sucede, por poner un ejemplo muy conocido, entre los

ciervos, donde los machos combaten entre sí y sin descanso en la época de celo, la berrea, por ver quién se reproduce más. En esas situaciones de rivalidad por las hembras, hay grandes diferencias de tamaño y fuerza entre los dos sexos. El caso del gorila es el que nos queda más cerca, pero este no es desde luego un mamífero corredor, así que mejor que examinemos solo a los que corren, para cazar o para no ser cazados. Le recuerdo que en biología a un mamífero corredor se lo llama cursor o cursorial.

De ser cierto que existe una incompatibilidad entre las adaptaciones para el combate y las adaptaciones para la velocidad y la resistencia en la carrera, las especies poligínicas (las que forman grupos para la reproducción compuestos por un macho y varias hembras) serían muy lentas, mucho más que las especies monógamas (aquellas que se reproducen en pareja). Estas últimas se podrían especializar en la carrera, al no tener los machos que combatir fieramente por la reproducción.

Cuando se hace una lista de las velocidades punta de los animales terrestres se descubre con sorpresa que tres familias de artiodáctilos —que son los ungulados de pezuña partida— proporcionan las especies más veloces que corren sobre la faz de la Tierra, solo superadas por el guepardo, que alcanza los 110 kilómetros de velocidad. Esas familias de artiodáctilos corredores son los bóvidos, los antilocápridos y los cérvidos. Entre los bóvidos se encuentran las gacelas, los antílopes y los ñúes. La especie de antilocáprido que bate récords de velocidad es el berrendo o «antílope americano». Y no sé si somos conscientes la mayoría de nosotros de las velocidades que alcanzan los ciervos y los renos: son más rápidos en la carrera y más ágiles a la hora de saltar obstáculos que los caballos.

Todas estas especies de mamíferos cursoriales extraordinariamente veloces son poligínicas y los machos combaten duramente por las hembras. Al mismo tiempo su cuerpo parece diseñado para competir con el viento. ¿Cómo es eso posible? ¿Quiere decir que la hipótesis del conflicto entre lucha y carrera es falsa, puesto que no se ha cumplido su *predicción* de que los machos que luchan son lentos?

Los bóvidos, cérvidos y berrendos son rumiantes y han especializado su dentición para el consumo de pasto, que es muy abrasivo y desgasta mucho las muelas, por lo que sus coronas dentales

son altas para que duren. Por otro lado, sus patas son muy finas y largas. Su cuerpo es estrecho. No tienen garras, ni colmillos ni cascos, que son las armas básicas de los mamíferos. Pero tienen otras armas poderosas, que han desarrollado de forma independiente las tres familias. Las llevan en la cabeza y se llaman cuernos. Con ellos es con lo que se pelean, tan espectacularmente, los ciervos macho en la berrea.

Los otros artiodácticos, como los suidos (jabalíes y demás) y los camélidos (camellos, dromedarios y llamas), corren mucho menos que los que tienen cuernos. Los ungulados con cascos en las patas, como los caballos, asnos y cebras, también corren menos que los antílopes, ciervos y berrendos, pero dan buenas coces. Y la totalidad de los carnívoros, con la excepción de los guepardos, son mucho más lentos que los artiodáctilos con cuernos.

Esta analogía nos permite entender, según Carrier, la evolución humana. Los australopitecos, los parántropos y el *Homo habilis* estarían especializados en la lucha, mientras que a partir de *Homo erectus* los humanos habríamos perdido una parte de nuestras capacidades para el combate a favor de la carrera. ¿Significa esto que nos volvimos pacíficos como corderos? Ya sabemos que no. Lo que hicimos fue adoptar la estrategia evolutiva de los ungulados de pezuña hendida, solo que en lugar de cuernos los humanos construimos armas con nuestras manos y con nuestro cerebro. No tenemos cuernos pero tenemos lanzas.

### *JUST SO STORIES*

Me esfuerzo mucho con los alumnos para que no conviertan la paleontología humana en una colección de cuentos, sobre todo en lo que se refiere a las adaptaciones. Relatos del tipo «¿Cómo se puso de pie el ser humano?» o «¿Cómo se modificó la mano del simio para convertirse en la mano humana?», que tanto se ven en los libros de evolución humana, se parecen sospechosamente en su estructura narrativa a la colección de cuentos que escribió Rudyard Kipling y que tituló *Just So Stories* (traducida al español de varias maneras, una de ellas como *Precisamente así*). Entre los cuentos de Kipling se encuentran relatos con títulos del estilo de «Cómo le salió al

dromedario su joroba» o «Cómo logró el leopardo las manchas de su piel».

Tanto nos preocupa salirnos del terreno científico a los paleontólogos y entrar en la pura especulación que cuando alguien propone una hipótesis para explicar alguna adaptación biológica nos preguntamos: ¿esto no será una *just so story*?

Esto nos trae de vuelta a las fábulas del ñu y de la cebra, y la del pitbull y el galgo. ¿Nos las podemos creer? Examinémoslas más de cerca.

El problema en el caso que nos ocupa es que muchas de las especializaciones de los australopitecos que se pueden interpretar como adaptaciones para la lucha podrían estar relacionas con nuestro remoto pasado en la selva húmeda africana. Los fuertes brazos de los australopitecos nos recuerdan a los de los chimpancés, que trepan verticalmente por los troncos de los árboles y se mueven por las ramas colgándose de ellas por los brazos, como sabemos. Las piernas tan cortas de Lucy también nos hacen pensar en los chimpancés, que tienen proporciones entre los miembros parecidas a las de los australopitecos, con los brazos solo un poco más largos.

Los australopitecos desarrollaron mucho la dentición posterior, la que está por detrás de los caninos, exagerando el tamaño de las muelas (premolares y molares, técnicamente). Claramente tenían más capacidad para moler, y al servicio de esa maquinaria trituradora de un alimento que suponemos consistente y duro, los músculos que suben la mandíbula (y que conoceremos en su momento) se desarrollaron mucho más en los australopitecos que en los ardipitecos y que en los actuales chimpancés. Esos músculos de la masticación están a los lados de la cara, pero Carrier interpreta que su función principal no era la alimenticia, sino proteger de los puñetazos el esqueleto facial.

Los propios huesos de la cara, los de los pómulos especialmente, se engrosaron en los australopitecos para dar mejor anclaje a músculos que participan activamente en la masticación, pero se podría interpretar que su reforzamiento cumplía la función de resistir los tremendos impactos de los puñetazos.

Los músculos de la nuca estaban igualmente muy desarrollados en los australopitecos, como se deduce de la amplitud de la superficie que les da asiento en el hueso occipital y que se llama plano de la

nuca. Superficie que es incluso más ancha en *Au. afarensis* que en los chimpancés. Y de nuevo podemos contar la *just so story* de la lucha para explicar su gran volumen.

Lo que sí parece cierto, e iría muy a favor de la hipótesis de que los australopitecos estaban especializados en la lucha, es que el dimorfismo de tamaño en los australopitecos era mucho mayor que el de la especie humana actual, y mayor incluso que el de los chimpancés, aunque probablemente no llegaría al grado que se observa en los gorilas, donde los machos pesan mucho más que las hembras.

Digo solo que «parece cierto» que en los australopitecos los machos eran bastante más fuertes que las hembras, y no lo afirmo rotundamente, porque no es fácil establecer el dimorfismo sexual en una especie extinguida de la que no se tienen tantos restos fósiles como sería de desear. La nota discordante en este tema la pone Owen C. Lovejoy, que no admite que el dimorfismo sexual de los australopitecos fuera superior al de nuestra especie. También, como ya sabemos, les atribuye la monogamia, en vez de la promiscuidad o la poligamia. Esto términos, por cierto, son demasiado culturales como para que los apliquemos a los primates con rigor, pero son fáciles de entender: un macho con una hembra en el primer caso (monogamia), muchos machos y muchas hembras en el segundo (promiscuidad) y un macho y muchas hembras en el tercero (poligamia).

Haría falta encontrar un yacimiento en el que se acumularan esqueletos completos de machos y de hembras pertenecientes a la misma población, y al mismo grupo a ser posible, y eso solo ha ocurrido hasta la fecha en el yacimiento de la Sima de los Huesos de Atapuerca, donde se ha podido constatar que el dimorfismo sexual era como el de la especie humana actual. Pero los esqueletos de la Sima de los Huesos pertenecen a una población de antepasados de los neandertales y estábamos hablando de australopitecos.

Así que (con permiso de Lovejoy) todo parece indicar que había peleas frecuentes entre los australopitecos machos. Es también cierto que la mano de los australopitecos, tan semejante a la nuestra, no tiene nada que ver con su pasado arbóreo, y que requiere una explicación alternativa... o varias. ¿Por qué empeñarse en buscar una sola causa, una *just so story* exclusiva y excluyente, cuando seguramente hay varias *just so stories* para cada estructura biológica?

Cada vez estoy más convencido de que las adaptaciones clave de los seres humanos (y de otros animales) cumplen múltiples funciones. Como ya he dicho, descomponer el organismo en una constelación de rasgos físicos es una mala idea, porque un ser vivo es ante todo un sistema.

## El club de la lucha

El alargamiento de las piernas en *Homo erectus* sin duda mejoró las prestaciones locomotoras de nuestros antepasados, ya que la longitud de la zancada es importante en la economía de la marcha. El estrechamiento del tronco también es favorable para la eficiencia en la locomoción, tanto en cuadrúpedos como en bípedos, ya que se aproximan los fémures al plano medio.

Carrier sitúa este momento del estrechamiento del cilindro corporal en el *Homo erectus*, debido a una mala reconstrucción del Turkana Boy que ya he comentado. En realidad el estrechamiento se produjo en nuestra especie, el *Homo sapiens*, de manera que muchas de las diferencias que se observan entre los australopitecos y nosotros valdrían también para la comparación con los neandertales.

En efecto, los neandertales tenían el cuerpo ancho y las piernas cortas, con lo cual la mayor estabilidad del cuerpo y la posición baja del centro de masas favorecerían a los neandertales en la lucha. Toda su musculatura parece más fuerte que la humana moderna, y los antebrazos eran poderosísimos, así como sus manos, cuyos dedos terminaban en unas falanges distales (las que llevan las uñas) ensanchadas en su ápice o extremo. Se podría decir que un neandertal, frente al humano moderno, responde al modelo del luchador.

Si colocáramos uno al lado del otro, un hombre neandertal y un cromañón (un *Homo sapiens* paleolítico), ambos del mismo peso corporal, pongamos por caso 80 kilos, el neandertal nos recordaría al *pitbull* de la analogía, mientras que el cromañón sería el galgo.

Resumidamente, en la evolución humana el diseño del cuerpo ha pasado por cuatro grandes etapas, que ya conocemos pero que no viene mal recordar: i) la de los ardipitecos (todavía mal conocida pero no plenamente bípeda); ii) la de los australopitecos; iii) la que comienza con *Homo erectus*, y iv) la del *Homo sapiens*, que es la

nuestra.

Lo que sí que parece cierto es que el dimorfismo sexual se redujo en el *Homo erectus*, y desde luego es seguro que era como el nuestro en la época de la Sima de los Huesos, donde se ha podido estudiar exhaustivamente.

¿La reducción de la diferencia en tamaño del cuerpo entre los dos sexos significa que ya no luchaba el *Homo erectus*? En absoluto, hemos seguido haciéndolo, lo que pasa es que nos matamos con armas cada vez más mortíferas, pero no biológicas, sino tecnológicas. Y eso hizo posible que un primate se hiciera corredor, soslayando así el conflicto lucha/carrera, del mismo modo que algunos artiodáctilos lo hicieron con sus cuernos.

La prueba de que seguían aporreándose nuestros antepasados la tenemos en el cráneo cerebral o neurocráneo (la caja ósea que encierra el cerebro en su interior), que es muy grueso en todas las especies humanas a partir del *Homo erectus* salvo en la nuestra. Pero además del engrosamiento de las paredes aparecen estructuras de refuerzo por todas partes en la caja craneal. Una de ellas, delante del todo, es el toro supraorbitario, que protege los ojos de un golpe en el combate cuerpo a cuerpo. Pero no protege de un flechazo o de una azagaya lanzada con un propulsor, y seguramente por eso nosotros no tenemos ese toro supraorbitario, ni ningún otro refuerzo. Los neandertales, en cambio, sí presentaban un toro supraorbitario bien desarrollado, e incluso lo mantenían los primeros *Homo sapiens*, aunque se perdiera al final de nuestra evolución.

También tenemos evidencias directas, no especulaciones basadas en el grosor de las paredes del cráneo, sobre la violencia de nuestros antepasados. El mejor ejemplo es Atapuerca, donde se han encontrado los huesos fracturados y con marcas de carnicería de muchos individuos asesinados y devorados por otros seres humanos. Eso ocurría hace casi un millón de años en la Gran Dolina, y la especie a la que pertenecían los muertos era *H. antecessor*.

Medio millón de años más tarde, los esqueletos de la Sima de los Huesos, también en Atapuerca y pertenecientes a una población de preneandertales, no tienen marcas de carnicería que sugieran que se los comieron otros humanos, pero algunos de estos individuos fueron asesinados y todos recibieron durante la vida numerosos golpes.[6]Los traumatismos identificados se encuentran precisamente en los huesos

de la cabeza, como predice la teoría de que el cráneo se engrosó para proteger el cerebro de los golpes. El panorama de conjunto que muestran los dos yacimientos de Atapuerca es el de una humanidad muy agresiva.

En resumen, la analogía con los artiodáctilos que propone Carrier se puede seguir manteniendo. Como los artiodáctilos, habríamos superado el dilema lucha/carrera modificando muestro cuerpo para ser galgos (dentro de lo que cabe, recuerde que no hemos dejado de ser simios) sin por ello renunciar a la lucha, de manera que gracias a la tecnología nos hemos vuelto incluso más mortíferos que los *pitbulls australopitecos* o que los *pitbulls neandertales*. Una interesante hipótesis. ¿Pero es científica o es simplemente una *just so story*?

Nos estamos alejando del tema principal de este capítulo, que es la mano. Ya he hablado de los músculos que a través de sus largos tendones la mueven a distancia, tirando de la muñeca o de los dedos, por el lado de la palma o por el del dorso. Pero aún no he dicho cómo se llaman sus huesos, ni en qué se diferencia la mano humana de la mano de un chimpancé ni cuándo apareció nuestro diseño en la evolución. Voy a necesitar otro capítulo.

Dorso de la mano izquierda. *Gray's Anatomy.*

# NUESTRA PRIMERA HERRAMIENTA

*Cierre el puño y levante el pulgar hacia arriba. Ese es el gesto que en las películas hacen los césares para perdonar la vida en el circo romano (por supuesto, es pura invención). También lo hacemos nosotros para indicar que estamos bien, aunque es un gesto reciente. El dedo pulgar tiene solo dos falanges: la falange basal y la de la uña. Ahora le pido que doble (flexione) la falange de la uña sobre la falange basal. Es el gesto que hacemos para encender un mechero o para clavar un cuchillo. O simplemente para apretar el botón de un bolígrafo y hacer que salga la punta para escribir. Pues bien, para hacer ese gesto usted necesita un músculo que enderece la falange basal (o sea, que la extienda) y otro músculo que doble la falange de la uña (la flexione). Esos dos músculos que acaba de utilizar (un extensor y un flexor del pulgar) son exclusivos del ser humano. No hace falta que diga que su importancia en nuestra evolución ha debido de ser muy grande.*

## La maleta y el martillo

Para apreciar bien las singularidades de la mano humana me parece una buena idea compararla con la de un chimpancé, que es nuestro pariente más cercano en el mundo animal. Eso no quiere decir que nuestro antepasado común con el chimpancé tuviera una mano como la de este simio, ni mucho menos. Los chimpancés, para empezar, se apoyan cuando andan por el suelo en el dorso de las falanges intermedias de los dedos segundo a quinto (del índice al meñique), lo que se llama informalmente «apoyarse en los nudillos» (aunque los nudillos son articulaciones, y no es lo mismo). También lo hacen los gorilas. Al no apoyarse sobre la palma de la mano, y sí hacerlo sobre la planta de los pies, los hombros de chimpancés y gorilas están levantados y la espalda se inclina hacia la cadera.

Hay disputa acerca de si en nuestra historia evolutiva alguna vez

nos hemos apoyado en el dorso de las falanges intermedias de los dedos de la mano (excluido el pulgar). La mano de los australopitecos ya era esencialmente como la nuestra, así que para conocer la mano de antepasados más antiguos necesitamos fósiles, y Ardi es el mejor ejemplo. Luego iremos con ella, pero ahora volvamos a la comparación de la mano humana con la del chimpancé.

Cuando se cuelgan de las ramas de los árboles los chimpancés utilizan la mano como un gancho, en el que no interviene el dedo gordo para nada. No le voy a pedir que se cuelgue de una barra ahora que quizás esté sentado leyendo en casa, pero le voy a sugerir algo más sencillo. Agarre una cartera de oficina o una maleta, si es que tiene alguna *a mano* (últimamente están siendo sustituidas por las mochilas o las maletas de ruedas). El tipo de agarre es el mismo (aproximadamente) que el de la rama, solo que al revés, porque es la maleta la que cuelga de la mano y no la mano de la maleta.

Verá que se utiliza esencialmente la falange intermedia (ahora por su lado palmar, no por el dorsal) de los dedos índice a meñique. Fíjese en que es una sujeción completamente diferente de cuando agarra un martillo para clavar un clavo o una raqueta para jugar al tenis. Al sujetar un palo o un mango el puño se cierra completamente, las falanges proximales y las distales también intervienen, no solo las intermedias, el palo o el mango se aprieta contra la palma, y el dedo pulgar se superpone al índice o al corazón.

Aunque si quiere golpear con precisión en lugar de pegar con toda la fuerza posible el dedo pulgar se apoyará en el mango del martillo para controlar mejor su dirección.

Y lo que es más importante de todo: el agarre ya no es transversal (perpendicular) al eje de la mano y del antebrazo (como al colgarse de la barra o al sujetar el asa de una maleta), sino diagonal. Esta es una gran diferencia. Vuelva a mirar ahora los dos surcos que atraviesan la palma de la mano. Los del chimpancé son horizontales, mientras que en la mano humana son diagonales.

Con todos estos cambios en los tipos de agarre tienen que ver las diferencias entre las manos del chimpancé y de los humanos. Todas las falanges son más robustas en la mano humana, especialmente la falange distal (la de la uña), que presenta una expansión plana muy notable al final, con forma de medialuna. En los neandertales esa expansión era especialmente grande porque la mano era muy recia. Y

por supuesto, el dedo pulgar humano es mucho más robusto y más largo que el del chimpancé en relación con los otros cuatro dedos.

Pasemos a la acción para entenderlo mejor. Aproxime el dedo pulgar a la palma de la mano. Este movimiento se llama aducción; ya lo sabíamos, porque «aducción» significa 'aproximación', mientras que «abducción» es 'separación', 'divergencia'. Ponga ahora la mano en pronación (con el dorso a la vista). Podrá ver que toda la falange distal del dedo pulgar (recuerde, la de la uña) sobresale por encima de las articulaciones de los otros dedos con sus correspondientes huesos de la palma. Doble ahora el dedo pulgar. Observará que la articulación de las dos falanges del dedo pulgar está al nivel de las articulaciones de los otros dedos con los huesos de la palma. Eso no pasa en el chimpancé, con su mano tan alargada.

Antes de seguir adelante, una precisión. En español a las falanges intermedias de los dedos se las llama falanginas y a las falanges distales falangetas. En francés se usan términos parecidos, pero no en inglés ni en la literatura científica en paleontología, donde se utilizan los términos que uso en este libro. Por cierto, Valverde de Amusco llamaba «artejos» a las falanges.

## ¡Tenemos el pulgar rotado!

Si ahora volvemos a ponerle carne a los huesos observará dos masas carnosas en la palma de la mano. Esos dos abultamientos se llaman eminencia tenar, la del lado del dedo pulgar, y eminencia hipotenar, la del lado del meñique. Apriete ahora el puño y verá qué bien se distinguen, sobre todo la eminencia tenar. Estas áreas se encuentran abultadas a causa de los músculos que hay en ellas. Como es lógico por su posición, los músculos del área tenar tienen relación con el movimiento del dedo pulgar y los de la eminencia hipotenar con la del dedo meñique.

Los músculos de la eminencia tenar son el m. **abductor corto del pulgar**, el m. **flexor corto del pulgar**, el m. **aductor del pulgar** y el m. **oponente del pulgar**. Es fácil imaginar cuál es la función de los tres primeros: separar el dedo pulgar de los otros dedos, flexionarlo, y juntarlo con los otros dedos. El m. oponente del pulgar lo opone a los otros cuatro dedos, y permite así realizar una pinza de precisión con

cualquiera de ellos. Volveré a hablar más tarde del músculo oponente del pulgar, porque hay razones para pensar que en los neandertales era especialmente importante, así que reténgalo en la memoria.

Una particularidad que podrá observar en su mano es que el dedo pulgar está rotado y se enfrenta a los otros cuatro dedos (forma un ángulo recto con respecto a ellos). Esa rotación, y solo ella, es la que hace posible que el pulgar sea oponible. No es un carácter exclusivo de los seres humanos, sin embargo, porque también se encuentra en los demás catarrinos (los simios y los monos africanos y asiáticos). Pero no ocurre así en los platirrinos (los monos americanos), en los cuales el pulgar no está rotado y mira en la misma dirección que los otros dedos, algo que usted no puede conseguir ni aunque se lo proponga. Por esa razón algunos platirrinos (los titíes) no pueden oponer el pulgar a los otros dedos, y el resto de los platirrinos solo son capaces de una oposición parcial.

Fíjese ahora en esa particularidad de su dedo pulgar, muy útil para la manipulación, pero que no le pertenece únicamente a la especie humana. Lo que solo es posible en los humanos es que las yemas del pulgar y de los otros dedos entren en amplio contacto, es decir, en una gran superficie.

Los músculos de la eminencia hipotenar son el m. **abductor del meñique**, el m. **flexor del meñique**, el m. **oponente del meñique** y el m. **palmar corto**. La función de los tres primeros es evidente: separar, doblar y oponer el meñique. El palmar corto es una pequeña lámina muscular cuadrada que exagera la concavidad de la palma de la mano cuando hacemos con ella un cuenco para beber o para pedir algo.

## Los huesos de la palma de la mano

Es hora de que diga cómo se llaman los huesos de la palma de la mano: metacarpianos. Los del empeine, recuerde, se llamaban metatarsianos, porque están más allá del tarso, es decir, son más distales. Los de la mano están más allá del carpo, que se corresponde con la muñeca. Pero mientras que el dedo gordo del pie humano no está separado de los otros dedos, es decir, no está abducido, o, en otras palabras, no es divergente como en los simios, el pulgar humano

sí está claramente separado. Es oponible.

Hay un metacarpiano por cada dedo, de manera que junto con las falanges forman los cinco radios de la mano. En los espacios que quedan entre los huesos metacarpianos se alojan los vientres de los siete músculos **cortos interóseos**, que voy a mencionar porque son de sentido común, fáciles de entender y de recordar.

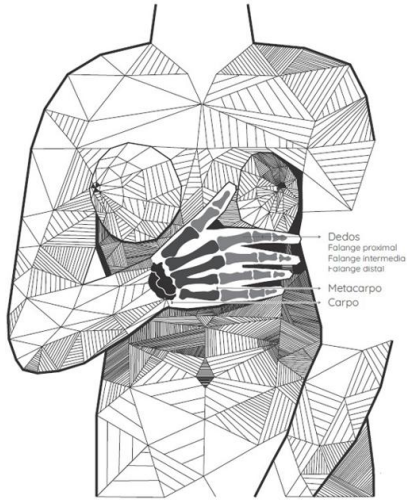
Tres de estos músculos cortos interóseos son palmares y sirven, entre otros movimientos, para aducir los dedos segundo, cuarto y quinto respecto del eje central de la mano, que pasa por el dedo corazón, que es el tercero; es decir, sirven para aproximar y juntar los dedos que van del índice al meñique.

Los músculos cortos interóseos dorsales son cuatro y abducen, es decir, separan, esos mismos cuatro dedos de la mano.

Para terminar, en la palma de la mano hay otros cuatro músculos pequeños llamados m. **lumbricales**.

## Este compró un huevo

Además de todos estos músculos propios (o intrínsecos) de la mano que acabo de presentar, quiero hablar de otros dos músculos que mueven el dedo pulgar y que parecen importantes desde el mismo momento en que los únicos primates que los tenemos somos los humanos y, sorprendentemente, también los gibones. Uno de ellos es el m. flexor largo del pulgar y el otro es el m. extensor breve del pulgar. No existen como tales músculos independientes, con su propio vientre, ni en los chimpancés (y bonobos), ni en los gorilas, ni en los orangutanes ni en ningún mono. Es decir, ni siquiera los macacos o los papiones los tienen, y eso que estos monos son los que vienen después de nosotros en habilidades manipuladoras, muy por delante de los simios.[1]




Los había mencionado brevemente al tratar el antebrazo porque, aunque se insertan en las dos falanges del pulgar, son músculos extrínsecos a la mano, ya que vienen desde más arriba de la muñeca. Para entendernos, son cuerdas de marioneta. El m. flexor largo del pulgar se inserta en la falange distal (la de la uña), y el m. extensor breve del pulgar en la falange proximal (la basal). Son nombres fáciles de recordar porque se oponen: uno es flexor y otro, extensor. Uno es largo y el otro es corto. Pero los dos van al pulgar, aunque a diferentes falanges.

Si quiere saber cómo localizar estos músculos exclusivamente humanos en su propio pulgar se lo digo en el «Apéndice 11». Como este capítulo no lleva ningún otro apéndice puede merecer la pena echarle un vistazo (siempre me preocupa que la anatomía de detalle le resulte excesiva). A cambio le recompensaré con una historia que le dejará en buen lugar delante de sus amistades.

En los monos la función del músculo flexor largo del dedo pulgar la realiza el m. flexor común profundo de los dedos, que envía tendones a las falanges distales de todos los dedos, incluido el dedo pulgar. En los grandes simios, con la única excepción del bonobo, el tendón que va al dedo pulgar no existe o es un mero vestigio, porque este dedo es poco importante para ellos, como ya sabemos.

La existencia como músculos independientes del m. flexor largo del pulgar y del m. extensor breve del pulgar nos habla de una mayor

movilidad e independencia de este dedo en nuestra especie. Recuerde lo que les decimos a los niños pequeños: «Este compró un huevo [el meñique]... y al final este dedo gordo [el pulgar] todo se lo comió». Aunque supieran hablar, los chimpancés no podrían contárselo a sus crías porque no tendría sentido, ya que su dedo pulgar no es un dedo gordo.

## ¿Para qué sirve un dedo pulgar gordo?

Si actúan a la vez el músculo extensor breve y el flexor largo, la falange proximal del pulgar se pone recta (se extiende sobre el metacarpiano) y la falange distal se dobla (se flexiona sobre la falange proximal), y esa es una postura que alguno ha señalado que es importante para tallar una herramienta de piedra. Como ya no tallamos piedras voy a poner un ejemplo más actual. El gesto del que hablo es el mismo que hacemos al encender un mechero: falange basal del dedo pulgar recta y falange distal doblada (flexionada). ¿Está haciendo el gesto?

Todo hace pensar, en resumen, que estos dos músculos del dedo pulgar (el m. flexor largo y el m. extensor breve) tienen que ver, en el caso humano, con nuestra extraordinaria capacidad para manejar el dedo pulgar tanto en la pinza de precisión como en la sujeción de fuerza. No sabemos cuándo aparecieron en la evolución humana, pero se podrían datar a comienzos de la talla de la piedra, que se sitúa en África hace un poco más de dos millones y medio de años. Eso ocurriría con el *Homo habilis*, en principio, aunque tal vez ya estuvieran para entonces los dos músculos independizados y se utilizaran para otras cosas que no fueran la confección de utensilios de piedra.

Cuento todo esto porque es posible que una especie de australopiteco (*Au. garhi*) que vivió hace dos millones y medio de años en Etiopía confeccionara herramientas muy simples de piedra, justo lo necesario para cortar la carne o para machacar un hueso y extraer el tuétano. Se han encontrado huesos de herbívoros con marcas producidas por utensilios (pero no los utensilios en sí) en el afloramiento geológico donde apareció también un cráneo de este australopiteco, aunque las señales las podría haber producido otra

especie *más avanzada* de hominino, es decir, más cercana al *Homo sapiens*. Seguiremos hablando más abajo de estos dos músculos, cuando nos ocupemos del registro fósil de la mano, ese puñado de huesos.

La existencia en los gibones de estos dos mismos músculos del dedo pulgar (el m. flexor largo y el m. extensor breve) es un caso de evolución paralela, pero en ellos podría tener que ver con la extraña configuración de sus manos, en las que el dedo pulgar se separa de la palma de la mano mucho más abajo, de manera que gran parte del metacarpiano queda libre, no como en nosotros (mírese la mano), en quienes el metacarpiano forma parte de la palma (está justo debajo del abultamiento muscular que forma la eminencia tenar).

En el caso de los gibones, la extraordinaria independencia y movilidad del dedo pulgar (y lo mismo les pasa con el dedo gordo del pie) parece estar relacionada con la locomoción arbórea y la capacidad de aferrarse a las ramas, no con la manipulación de objetos. Los gibones son los más increíbles acróbatas que existen. Viven en parejas en las copas de los árboles, donde crían a sus hijos (uno detrás de otro), nunca bajan a tierra y se comunican por medio de cantos. Casi parecen pájaros, solo que en lugar de volar se columpian, ingrávidos, de los larguísimos brazos.

Y aun a riesgo de resultarle pesado, me gustaría mencionar, ahora que hablamos del pulgar, otro músculo de la mano exclusivamente humano que ha sido descubierto hace pocos años. Esta vez se trata de un músculo intrínseco, es decir, que no viene del antebrazo sino que se origina en el primer metacarpiano y se inserta en la falange proximal del pulgar. Proponen llamarlo m. **aductor accesorio del pulgar**.[2]Le recuerdo que la aducción del pulgar consiste en aproximarlo a la palma, un movimiento sin duda importante para la manipulación de objetos. ¡Todavía no se ha explorado del todo la anatomía humana!

## Los huesos de la muñeca

Ahora que ya conocemos los metacarpianos podemos hablar de los huesos de la muñeca, es decir, de los huesos del carpo. Son ocho. El más conocido por el gran público seguramente sea el escafoides (o

navicular), porque es el hueso de la muñeca que se rompe más a menudo.

Los huesos carpianos se disponen en dos filas. La proximal está formada por el escafoides, el semilunar, el piramidal y el pisiforme, y la distal por el trapecio, el trapezoide, el grande y el ganchoso. Los tres primeros (escafoides, semilunar y piramidal) son los que conjuntamente hacen juego con el radio, y permiten los movimientos de la muñeca: flexión; extensión; aducción o inclinación hacia el hueso cúbito, y abducción o inclinación hacia el hueso radio. También permiten la circunducción o movimiento circular de la mano sobre la muñeca. Pruebe a realizar estos cinco movimientos ahora.

Como ya he dicho anteriormente y puede comprobar usted mismo la inclinación de la mano hacia el lado del cúbito (aducción de la muñeca) tiene muchos más grados, es más pronunciada, que la inclinación hacia el lado del radio (abducción de la muñeca).

El pisiforme, para terminar con los huesos de la primera línea del carpo, es un hueso pequeño. Su nombre significa que tiene forma de guisante.

Es muy de notar que en los hominoideos, que son (lo repito una vez más) los humanos y simios juntos, no hay contacto directo entre el cúbito y los huesos del llamado «cóndilo carpiano», formado por el escafoides, el semilunar y el piramidal, que se articulan juntos con el radio. O sea, en los hominoideos el cóndilo carpiano articula con el radio, pero no con el cúbito, mientras que articula con el radio *y también con el cúbito* en el resto de los primates. Parece lógico pensar que esta característica de los hominoideos amplía la capacidad de movimiento de la muñeca a la hora de moverse por los árboles del modo que lo hacen los simios y lo hacían nuestros antepasados: colgados de las ramas. Pero también sobre esto hay disputa.

De todos modos, le pido que vuelva a realizar el ejercicio que le propuse cuando le hablaba de los dos huesos del antebrazo, el cúbito y el radio. Recordará que partíamos de la mano con la palma a la vista (supinación) a la mano con el dorso a la vista (pronación) y que para girar la muñeca el radio se cruzaba con el cúbito. El cúbito no se movía, pero la mano giraba con el radio, que es el hueso del antebrazo con el que se articula.

Los huesos de la segunda fila del carpo se articulan con los metacarpianos, que como ya sabemos son los huesos alargados que

forman la palma de la mano.

## Una lección importante de la anatomía comparada

Dediquemos ahora cinco párrafos a las articulaciones que hay en la mano y la muñeca. Acabamos de ver que la articulación entre el carpo y el radio es de la clase llamada condílea, en la que la primera fila del carpo forma el cóndilo (la superficie convexa de la articulación) y el radio pone la parte cóncava. Por su forma ovalada las articulaciones condíleas también son llamadas articulaciones elipsoideas.

Entre los huesos del carpo hay articulaciones de tipo condíleo y también otras en las que las superficies articulares son planas o poco curvadas y solo permiten un cierto deslizamiento. En efecto, los huesos de la muñeca se mueven poco. Este tipo de articulación se llama plana o deslizante y también se encuentra entre los huesos del tarso, en el pie.

Veamos ahora un tipo de articulación muy importante para que seamos los humanos lo que somos, pero que no es nuestro mérito exclusivo. Un hueso de la muñeca de nombre menos conocido que el escafoides es el trapecio, que se articula con el metacarpiano del dedo pulgar. Esta articulación tiene forma de silla de montar, y proporciona una gran movilidad al dedo pulgar. Pero no solo al pulgar del ser humano, sino al de casi todos los primates superiores, porque es una adaptación para poder agarrar una rama con la mano.

Es decir, le debemos mucho a la articulación en silla de montar del trapecio con el primer metacarpiano. La lección a sacar de aquí es que la mayoría de nuestras características, como la de ser diurnos, ver en tres dimensiones, tener una mente en la que el mundo se replica por medio de imágenes, parir un solo hijo cada vez (por lo general) y poder manejar objetos con precisión, son una herencia de nuestro pasado en los árboles que compartimos con otras muchas especies de primates, aunque nosotros hayamos llegado más lejos en la mente y en la tecnología.

Para finalizar, las articulaciones de las cabezas de los metacarpianos con las falanges basales de los dedos son del tipo superficie convexa contra superficie cóncava (condíleas). Las de la falange basal con la falange intermedia y las de la falange intermedia

con la falange de la uña son de tipo charnela o bisagra.

## Túnel carpiano

No hace falta que se aprenda los nombres bastante raros de los huesos del carpo si no quiere, pero le conviene saber que la disposición de los mismos y su forma hacen que quede, en la parte palmar, una especie de canal que se llama arco carpiano, que está cubierto, como si de una muñequera se tratase, por una banda ligamentosa llamada retináculo flexor o ligamento carpal transverso. De este modo, el arco carpiano se convierte en el túnel carpiano o carpal. Por este conducto estrecho que forman el ligamento del carpo y la concavidad de los huesos tienen que pasar los nueve tendones de los músculos flexores de los dedos que vienen desde el antebrazo: dos tendones para cada dedo, menos el pulgar, que solo tiene uno.

Como son tendones robustos y forman un haz muy apretado, puede ocurrir que el excesivo uso de algunos de estos músculos en alguna actividad deportiva o laboral conlleve la inflamación de sus tendones, comprimiendo así el nervio mediano, que también pasa por el túnel carpiano, lo que produce una serie de síntomas como entumecimiento, hormigueo y problemas funcionales de la mano. Puede requerir cirugía para la descompresión del nervio mediano, y se conoce como síndrome del túnel carpiano.

## Una intrigante posibilidad

Todavía falta por saber si el dedo pulgar humano se ha alargado con la evolución o si por el contrario se ha acortado la mano, con lo que el dedo pulgar se habría hecho relativamente más largo.

Una forma de averiguarlo es poner en relación la longitud total de la mano (hasta la punta del dedo corazón) con la longitud del tronco. En el ser humano esa proporción mano/tronco está claramente por debajo de la de los simios, aunque por encima de la de los monos del Viejo Mundo. Pero es que la mano de los simios es muy, pero que muy larga, con los gibones a la cabeza en la tabla de clasificación.

Sin embargo, en anchura de la mano los que ganan son los

gorilas, no nosotros, que somos los segundos en anchura de la mano entre los primates. De hecho, la mano más parecida a la nuestra entre los simios es la de los gorilas, que son los menos arbóreos de todos, porque la mano muy larga es sin duda una adaptación para colgarse de ella. Todo esto parece apuntar a que ha sido la mano humana la que se ha acortado, tanto en relación con el tronco como en relación con el brazo, y no el pulgar humano el que se ha alargado. Aunque, como resultado del acortamiento de la mano, la nuestra es la que tiene el dedo pulgar más largo en relación con los otros cuatro dedos. Es decir, nuestro dedo pulgar es largo *intrínsecamente* (en el conjunto de la mano) pero no en relación con el tronco. Eso sí, es un dedo muy grueso se compare con lo que se compare.

Pero cabe una tercera posibilidad, y es muy intrigante: la de que ni el pulgar se haya alargado en nuestra evolución, ni los otros dedos se hayan acortado. El parecido entre la mano humana y la mano de monos del Viejo Mundo de vida muy terrestre como los macacos, los babuinos (también llamados papiones), los mandriles y los geladas podría querer decir que la mano humana simplemente no ha cambiado mucho. Se habría mantenido primitiva. Habrían sido los gibones, los orangutanes y los chimpancés (bonobos incluidos) los que habrían alargado sus manos, separando la yema del dedo pulgar de las yemas de los otros cuatro dedos. Y esos alargamientos se habrían producido de forma independiente en todas estas líneas de simios.

A ver si lo sé explicar. El antepasado común de todos los hominoideos (recuerde: simios más humanos) tendría unas manos no muy diferentes de las de un macaco, un babuino, un mandril o un gelada. Si se fija en estos animales, viéndolos en libertad, en un zoológico o en un documental, se dará cuenta de que sus manos no son tan largas como las de los simios. Y verá también que macacos, papiones, mandriles y geladas son capaces de manipular objetos pequeños, como semillas, porque son muy hábiles con las manos.

Pues bien, la hipótesis intrigante dice que cuando se separó la línea de los gibones se alargó mucho su mano, porque se hicieron braquiadores, es decir, desarrollaron un tipo de locomoción suspendida para desplacerse por las ramas de los árboles.

Más adelante se separaron los orangutanes, sigue diciendo la hipótesis intrigante, e hicieron lo mismo: alargar las manos y colgarse de ellas.

Millones de años después se separaron los gorilas, pero no cambiaron tanto las proporciones entre los dedos de las manos porque eran básicamente cuadrúpedos terrestres de gran tamaño y se colgaban menos de las ramas. Aunque siguen subiéndose a los árboles trepando por el tronco con mucha facilidad, hacen menos acrobacias, especialmente los machos adultos, que son muy pesados.

Poco tiempo después se separaron las estirpes de los chimpancés y la nuestra, y de nuevo se alargaron las manos en el lado de la horquilla que lleva a los chimpancés. Las manos de los humanos, en cambio, se quedaron en un estado bastante primitivo, aunque el pulgar se hiciera algo más largo y desde luego más robusto.

Esta intrigante posibilidad implica que el alargamiento de las manos se produjo tres veces de manera independiente, en gibones, orangutanes y chimpancés, que tendrían por lo tanto un diseño de la mano que habría evolucionado en paralelo.

Hasta aquí hemos llegado en nuestra búsqueda de respuestas comparando especies vivientes, es decir, recurriendo a la anatomía comparada. Ahora atendamos a lo que cuenten los fósiles.

## ¿Ha evolucionado el chimpancé?

Los investigadores del famoso esqueleto fósil apodado Ardi opinan que el chimpancé no sirve como un análogo viviente de nuestros antepasados, porque no es un *fósil viviente*, sino que está muy especializado.[3]

No es verdad «que el chimpancé no haya evolucionado», como se dice tan a menudo. De hecho, una de las preguntas que me hacen más frecuentemente al término de una conferencia es la de por qué los chimpancés, o en general los monos, no han evolucionado, como si su obligación fuera la de parecerse a nosotros, convertirse en humanos.

Por el contrario, el chimpancé y el bonobo han evolucionado mucho, pero en una dirección diferente de la nuestra y de la de los gorilas. Si no hubiera sido así nos habríamos encontrado que cuanto más antiguo fuera un fósil de hominino más se parecería a un chimpancé, de modo que no haría falta seguir buscando fósiles, ya que sabríamos que después de todo *venimos del chimpancé* y llegaríamos hasta él viajando hacia atrás en el tiempo a través de los fósiles. Pero

Ardi no es un chimpancé.

Antes habíamos utilizado la altura del tronco como referencia para la mano, pero con los esqueletos fósiles es más fácil estimar el peso del cuerpo que reconstruir el tronco, que está formado por muchos huesos. En un artículo reciente se ha estudiado a fondo un gran número de especies de primates superiores con diferentes tamaños corporales.[4]Lo que dice el estudio, resumidamente, es que en Ardi la palma de la mano era casi tan corta como la nuestra en relación con el tamaño del cuerpo. En cambio, las falanges de los dedos, excluido el pulgar, eran claramente más largas que las humanas e incluso que las de los gorilas, aunque no tan largas como las de los chimpancés. El pulgar, finalmente, era de longitud normal para un primate de su tamaño. Se trata, por lo tanto, de una combinación de rasgos que no existe en la mano de ninguna especie viva. Palma casi tan corta como en los seres humanos y dedos casi tan largos como en los chimpancés.

Las cabezas de los metacarpianos de Ardi no muestran el gran desarrollo que tienen en los chimpancés y gorilas. Esa globosidad de las cabezas de los metacarpianos de nuestros parientes más cercanos se interpreta como una adaptación a la locomoción sobre *los nudillos*. Por lo tanto, en ningún caso se apoyaría Ardi sobre *los nudillos*[5]como un chimpancé.

Para terminar la descripción de las manos de Ardi, las falanges terminales (las de las uñas) no estaban ensanchadas apicalmente (en el ápice o extremo del hueso) para soportar una yema tan grande como la de nuestros dedos, que forma una almohadilla que nos resulta enormemente útil en la manipulación cuando enfrentamos el pulgar a cualquiera de los otros dedos.

## Complicaciones

Se conocen dos falanges de la especie *Orrorin tugenensis*. Son más antiguas que las de Ardi (*Ar. ramidus*), porque tienen unos seis millones de años, mientras que Ardi vivió hace 4,4 millones de años. Pues bien, resulta que una de esas dos falanges rescatadas de *O. tugenensis* es la falange distal (la de la uña) del dedo pulgar y parece muy humana en todo, más humana que la de Ardi, que vivió millón y

medio de años después.[6]¿Era *Orrorin tugenensis* más semejante a los australopitecos en el esqueleto del cuerpo que *Ar. ramidus*? ¿Es posible que los ardipitecos no fueran antepasados directos nuestros, sino una rama lateral, y que *Orrorin tugenensis* sí fuera de nuestra línea directa, y por lo tanto la especie fósil en la que deberíamos fijarnos para saber cómo era el diseño del cuerpo de nuestros primeros antepasados? Recordando siempre a Simpson, Miquel Crusafont y Emiliano Aguirre, tendremos que seguir brindando por más y mejores fósiles.

## El elusivo LCA

Nos queda todavía mucho por saber acerca del comienzo de nuestra evolución, como usted mismo habrá deducido. Yendo más atrás en el tiempo y en la evolución que Ardi y que *Orrorin*, aún no estamos seguros de cómo era nuestro último antepasado común con los chimpancés, el elusivo LCA, ni de qué tipo de locomoción tenía en los árboles y en el suelo. ¿Trepaba verticalmente por los troncos y se colgaba de las ramas por los brazos para desplazarse? ¿O se movía despacio y de una manera cautelosa por encima de las ramas usando manos y pies? Con toda seguridad el LCA no era bípedo, ni siquiera torpemente, así que, ¿cuando el LCA bajaba al suelo se apoyaba sobre las palmas de las manos o se apoyaba sobre *los nudillos*?

La anatomía comparada no da respuesta a nuestras preguntas, y los fósiles tampoco nos aportan una solución definitiva al problema, aunque esperemos que no por mucho tiempo. De momento, la opinión más extendida entre los expertos es que nuestro último antepasado común con los chimpancés no era como estos, sino un hominoideo menos especializado, con un repertorio mayor de movimientos.

## Un puñado de fósiles

¿Cuándo apareció, entonces, la mano humana de características modernas? En realidad, para conocer la mano de los primeros homininos disponemos de pocos esqueletos que la conserven más o menos completa.[7]Reconstruir manos a partir de fósiles de aquí y de allá, aunque se asignen a la misma especie, siempre es un problema,

porque al no pertenecer los huesos al mismo individuo no necesariamente guardan las proporciones entre unos y otros elementos. No obstante, a veces no queda otro remedio, ya que encontrar esqueletos completos es muy difícil salvo que alguien haya enterrado o depositado un cadáver deliberadamente en algún lugar.

Las manos de homininos más antiguas son las de Ardi, de las que acabamos de hablar, pero no son de morfología moderna.

Luego, en orden de antigüedad, viene el esqueleto maravillosamente conservado apodado Little Foot, de la especie *Au. prometheus* (que lleva la sigla StW 573 y procede de la cueva de Sterkfontein, Sudáfrica).

También disponemos de la mano derecha completa de una hembra adulta de *Au. sediba* (la tantas veces mencionada Issa, de la cueva de Malapa, Sudáfrica).

La anatomía de la mano de *Au. afarensis* y la de *Au. africanus* solo se conoce a partir de los huesos sueltos de diferentes individuos que se han asociado para formar manos compuestas (de la región de Hadar en Etiopía y de la cueva de Sterkfontein en Sudáfrica, respectivamente).

Lo mismo pasa con la mano de *Paranthropus robustus* (de la cueva de Swartkrans, Sudáfrica), con el agravante de que como en este yacimiento hay también presencia de *Homo erectus* los huesos encontrados podrían ser de cualquiera de las dos especies.

Podemos decir, para resumir la anatomía de las manos de los australopitecos y de los parántropos, que se parecen mucho más en la forma de los huesos y proporciones a las manos de los humanos actuales que a las de los chimpancés o a la de Ardi, aunque de todos modos hay pequeñas diferencias que dan lugar a controversias entre los especialistas.

En paleontología humana es difícil pronunciarse con rotundidad sobre cualquier tema, pero yo lo voy a hacer ahora: la mano humana moderna apareció con los australopitecos.

## La curvatura de las falanges

En Ardi las falanges de la mano están muy curvadas, aunque en este rasgo los que realmente constituimos una excepción dentro de los

primates superiores somos los seres humanos, que tenemos las falanges rectas.

Existe una cierta relación entre la rectitud de las falanges y la cantidad de tiempo que pasan en tierra los primates superiores. Quiero decir que las especies que viven casi siempre en los árboles tienen las falanges de las manos más curvadas que las especies que se desplazan preferentemente por el suelo. Y no solo es una cuestión genética, sino que parece que el hábito también modifica la curvatura de las falanges. Las crías, que son más ligeras y más trepadoras, las tienen más curvadas que los adultos.

En los australopitecos y parántropos las falanges proximales e intermedias de las manos mantenían cierto grado de curvatura, lo que hace pensar que todavía utilizarían las manos para la locomoción arbórea. Si no, se razona, ya habrían perdido la curvatura y serían rectas como las humanas.

En otras palabras, los australopitecos se subían a los árboles, para alimentarse o para buscar refugio.

Además de tener las falanges de los dedos curvadas como sus antepasados (para adaptarse a la curvatura de las ramas), los australopitecos también conservaban una gran capacidad flexora (para agarrar las ramas con fuerza) en los dedos que van del índice al meñique, como demuestran las afiladas crestas laterales de las falanges intermedias, en las que se insertan los tendones del músculo flexor común superficial de los dedos. Este es un músculo extrínseco que viene, como el flexor común profundo de los dedos, desde el epicóndilo medial del húmero. Recuerde que el doctor Tulp mostraba estos músculos a los cirujanos en la famosa lección de anatomía de Rembrandt.

Cuando nos colgamos de una barra en un gimnasio, estos dos músculos flexores hacen posible que no nos soltemos, así que todavía tienen su importancia. Y esos ocho tendones, uno para cada dedo, pasan por el túnel carpiano, del que ya he hablado.

## Los últimos arborícolas

No he hablado todavía de dos especies de homininos que pertenecen al género *Homo* y de los que se conservan manos muy completas:

*Homo naledi* (de la cueva Rising Star, Sudáfrica) y *Homo floresiensis* (de la cueva Liang Bua en la isla de Flores, Indonesia). Las dos especies son muy posteriores a los australopitecos y parántropos, pero conservaban su pequeño tamaño corporal y su cerebro escasamente superior al de un chimpancé. Además, las falanges de las manos estaban curvadas como en australopitecos y parántropos, así que es muy probable que también se subieran a los árboles con frecuencia, aunque en tierra eran plenamente bípedos, desde luego.

Seguramente dejamos de ser verdaderamente arbóreos cuando nuestro cuerpo se hizo grande con la llegada del *Homo erectus* al escenario evolutivo. Aún somos capaces de trepar a los árboles con cierta soltura, y hay poblaciones actuales que lo hacen a menudo para conseguir alimento, sean frutos o miel. Pero trepar a los árboles para comer, o para protegernos o dormir, no es una parte sustancial de nuestro nicho ecológico como especie (por más que nos asombre cómo se cuelgan de las manos algunos avezados escaladores).

## Introducir la llave en la cerradura y girarla

En los australopitecos la falange distal del dedo pulgar recibía el tendón del m. flexor largo del pulgar, ese músculo casi exclusivamente humano cuyo tendón también pasa por el túnel carpiano. Todo parece indicar que eran capaces de formar una pinza de precisión entre el pulgar y los otros dedos. Sin embargo, la sujeción de un objeto que se realiza con dos dedos tiene que tener fuerza además de precisión para que sea realmente efectiva. Un buen ejemplo de pinza de precisión es la que realizamos cuando sujetamos un lápiz para dibujar o para escribir.

Un ejemplo parecido es el de meter una llave en su cerradura. No solo necesitamos formar una pinza de precisión para acertar con la llave, sino que esa pinza debe tener suficiente fuerza para hacerla girar, puesto que la cerradura ofrece resistencia.

Y no pasa únicamente con los lápices y las cerraduras. Se ha comprobado que hace falta mucha fuerza para cortar la carne con el borde afilado de una lasca de piedra sujeta entre el pulgar y el índice. También puede probar a hacerlo, y lo confirmará inmediatamente.

Y lo mismo vale cuando chocamos una piedra contra otra para

tallar, o golpeamos la caña de un hueso con una piedra para partirla y extraer el tuétano.

Para saber si tenían o no suficiente fuerza en la mano se ha investigado la estructura interna de los huesos metacarpianos y de las falanges en fósiles de *Au. africanus*.[8]Los huesos en general están hechos de una *corteza* de tejido compacto (la cortical) y de un tejido esponjoso por dentro (la trabécula). El estudio de estos dos tejidos ha revelado que los australopitecos podían manejar con eficacia una herramienta de piedra, lo que nos lleva a preguntarnos si confeccionaban utensilios líticos, si los australopitecos fueron los primeros en hacerlo. Porque, si no lo hacían, ¿para qué querían un tipo de agarre en pinza que unía la precisión a la potencia? Para comer semillas o bayas hace falta mucha delicadeza, pero no fuerza.

## La mano del neandertal

Desde hace mucho tiempo se sabe que la mano de los neandertales y de sus antepasados, como los de la Sima de los Huesos en Atapuerca, era diferente de la nuestra. Debían de tener una enorme fuerza, a juzgar por la gran expansión apical de las falanges terminales (las de las uñas). A su lado nuestras manos parecen infantiles.

Hay otro rasgo interesante en el metacarpo del dedo pulgar, el hueso que se encuentra bajo la eminencia tenar, que es, recuerde, el abultamiento carnoso de la palma de la mano. En los neandertales y sus antepasados hay una expansión del primer metacarpo allí donde se inserta el músculo oponente del pulgar, que viene del hueso trapecio. Ese ensanchamiento del metacarpo puede querer decir que el m. oponente del pulgar estaba más desarrollado que en los humanos actuales, o que tenía una mayor eficacia biomecánica, porque aumentaba el brazo de la potencia de este músculo. Tal vez, las dos cosas: un músculo más grande y con ventaja biomecánica.

¿Para qué necesitaban los neandertales un m. oponente del pulgar más desarrollado o más eficaz? La respuesta es que les vendría bien para mejorar el agarre de fuerza, más que la pinza de precisión. Tal vez, se dice, lo necesitaran para tallar sus herramientas del modo en el que lo hacían. La tecnología de los neandertales se llama musteriense. Los humanos modernos que los sustituyeron en Europa y

Asia fabricaban sus herramientas de otro modo, su tecnología era diferente, tal vez ya no necesitaran tanta fuerza y la selección natural habría eliminado el ensanchamiento del primer metacarpiano.[9]Si fuera así sería un buen ejemplo de coevolución entre anatomía y tecnología. En cierto modo nos estaría diciendo que la tecnología es una parte importante de la anatomía humana.

Músculos de la palma de la mano. *Gray's Anatomy.*

# Tercera parte
# Del cuello para arriba

# EL CUELLO

*Aquí lo más importante que tenemos que tocar es la apófisis mastoidea del hueso temporal. Suena a cosa tremenda pero es fácil. Se trata del gran bulto óseo que se encuentra justo detrás de la oreja. A esa apófisis llega un músculo de nombre no menos terrible, que voy a descomponer en tres partes para facilitar la comprensión y la pronunciación: m. esternocleidomastoideo. Seguro que lo conoce porque es el músculo que nos duele cuando tenemos tortícolis y no podemos girar la cabeza. Porque es precisamente ese músculo el que se encarga de producir el movimiento de giro. Es curioso, pero cuando se contrae el músculo del lado derecho la cabeza se gira a la izquierda, y al revés. La explicación está en la línea de acción del músculo, porque va de adelante atrás. Lo mismo pasaba, recuerde, con el m. oblicuo externo del torso.*

## ¿Es un músculo o es un trabalenguas?

El **esternocleidomastoideo** es un músculo par que va a insertarse a la apófisis mastoides de cada lado (de donde viene la raíz «mastoideo»). Esta es una protuberancia grande que se dirige hacia abajo desde la base del hueso temporal, en el cráneo.

El músculo esternocleidomastoideo tiene dos orígenes diferentes, con dos vientres, cuerpos o fascículos, aunque luego se unen para llegar juntos hasta la apófisis mastoides.

Uno de sus vientres se origina en el manubrio del esternón (de donde viene la raíz «esterno» del nombre del músculo) y el otro lo hace en la parte interna (medial) de la clavícula (de donde viene «cleido»). En griego se llama *kleidós* a este último hueso, la clavícula, palabra que significa también 'llave', por su forma en S, que recuerda, por lo visto, a una llave antigua. «Clavícula» es el diminutivo en latín medieval del nombre griego del hueso. Aprendo todas estas cosas en el diccionario de la Real Academia. Siempre es útil saber el origen de las

palabras, su etimología, porque las palabras también evolucionan en las lenguas vivas.

La apófisis mastoides o mastoidea es muy fácil de palpar, se encuentra justo detrás de la oreja. Si lleva gafas, tóquese el final de la patilla. Como sus orígenes están mucho más adelantados que su inserción, los dos cuerpos de este músculo, el que nace de la clavícula y el que nace del esternón, cruzan en diagonal la parte lateral del cuello. La contracción unilateral del m. esternocleidomastoideo hace que la cabeza gire hacia el lado contrario y que el músculo se marque mucho, ya que todo él es subcutáneo. Cuando actúan juntos los dos músculos esternocleidomastoideos levantamos la cabeza, si estaba vencida hacia delante.

Con toda seguridad usted ha tenido una relación dolorosa con este músculo, porque su contractura es lo que se llama «tortícolis», que significa en latín «cuello torcido». ¿Verdad que le duele al mover el cuello en cualquier dirección cuando tiene tortícolis? Sus causas son diversas, como movimientos bruscos del cuello, mala postura para dormir, un golpe de frío en esa parte, *etc.* No es grave y se pasa pronto, pero sí es desagradable porque el dolor nos dificulta girar la cabeza, de manera que vamos con ella rígida sobre los hombros. Tenemos que girar el tronco entero para poder mirar a un lado y a otro.

Han salido ya mencionados en este libro los músculos nucales. Los tuvimos en cuenta a la hora de explicar la palanca de primer orden (la que funciona como un balancín o subibaja), porque esos músculos mantienen la cabeza levantada e impiden que se nos caiga hacia delante, dando cabezadas. Ahora hemos conocido el músculo más importante de la cara lateral del cuello, que además de girar la cabeza puede colaborar con los músculos nucales para mantenerla levantada.

El músculo esternocleidomastoideo y el músculo trapecio son dos músculos que relacionan la cabeza con la cintura escapular. El m. trapecio tiene inserciones en la espina del omóplato y en la parte lateral de la clavícula, y el m. esternocleidomastoideo en la parte medial de la clavícula, como acabamos de ver. Si lo piensa bien, los hombros y los brazos *cuelgan* de la cabeza y de la columna por medio de músculos, el más importante de los cuales es el m. trapecio, el rombo, pañoleta o capucha de fraile que tenemos en la espalda.

En las películas y series de televisión policíacas es frecuente que el forense que realiza la autopsia (por ejemplo la doctora Brennan, a la que llaman *Huesos*, *Bones* en inglés, en una serie de televisión) declare que la causa de la muerte ha sido estrangulamiento, y la prueba definitiva es que el hueso hioides está fracturado. ¿Qué hueso es ese, se pregunta el espectador? Por fuerza ha de estar en el cuello, que es donde se produce el estrangulamiento.

El hueso hioides tiene forma de herradura dispuesta horizontalmente en la base de la lengua, y consta de un cuerpo central, de dos astas mayores que se dirigen hacia atrás, y de dos astas menores que se dirigen hacia arriba. En realidad son cinco huesos independientes que se fusionan en el desarrollo. También se puede comparar el hioides con una U horizontal formada por el cuerpo y las astas mayores. Son las astas mayores las que se pueden romper en los casos de estrangulamiento con la mano, pero no sucede en todos los casos, sino aproximadamente en la tercera parte.[1]Y también se pueden romper por otros traumatismos, como por ejemplo caídas.

La posición del hioides es fácil de entender. Se localiza bajo la mandíbula a la altura de la tercera vértebra cervical. Es el punto más alto del cuello y se encuentra por encima de la nuez, manzana o bocado de Adán. La manzana a la que se refiere el nombre es la que mordió Adán del árbol del bien y del mal en el paraíso, y que le costó la expulsión. Esta *manzana* es un saliente del cartílago tiroides de la laringe que se marca sobre todo en los varones.

En un sujeto masculino tumbado mirando hacia arriba (en posición de decúbito supino, se dice) podemos apreciar muy bien el *pico* (llamado «protuberancia laríngea») del cartílago tiroides (o sea, la nuez). Entre este saliente y la mandíbula es donde está el hueso hioides. Nuestro Valverde de Amusco lo describía como «el hueso de la raíz de la lengua», y es una buena manera de explicar su situación.

El hioides no articula con ningún otro hueso del esqueleto humano, sino que está anclado por músculos y ligamentos a la mandíbula, a la apófisis estiloides del hueso temporal (una *aguja* de hueso que se dirige hacia abajo desde la base del cráneo), al cartílago tiroides de la laringe, al manubrio del esternón y al omóplato.

El registro fósil del hueso hioides es muy pobre, pero en la Sima

de los Huesos de Atapuerca se han encontrado dos,[2] los más antiguos hasta ahora del género *Homo*. Se dispone de un hioides de un neandertal del yacimiento del Sidrón en Asturias, y otro de un neandertal de Kebara, en Israel. Estos cuatro restos fósiles apenas presentan diferencias con cualquier humano moderno.

Se conserva también el hueso hioides de la cría de australopiteco (*Au. afarensis*) apodada Selam, que conocemos bien. Lo interesante es que este hueso hioides se parece mucho al de un chimpancé, porque el cuerpo es grande, redondeado por delante y muy excavado por detrás; es decir, tiene forma de ampolla (de *bulla*, se dice en anatomía, utilizando una palabra latina), mientras que los cuerpos de los huesos hioides de la Sima y de los neandertales anteriormente citados son rectangulares y mucho más gruesos y planos; es decir, con forma de barra, como en la especie humana actual.

Esta diferencia podría significar tan solo que los australopitecos mantenían sin cambios un hueso hioides de morfología ancestral, como la del antepasado común que tenemos con los chimpancés. Pero es posible que haya algo más que decir al respecto de la forma del hueso hioides de Selam, porque en los chimpancés la ampolla está en contacto físico con un gran saco aéreo laríngeo que estos simios tienen, así como muchos otros primates. Como el saco aéreo está hecho de tejidos blandos, no lo podemos encontrar entre los fósiles, pero seguramente la forma del cuerpo del hueso hioides (bien en ampolla, bien en barra) es suficiente para saber si una especie extinguida lo tenía o no. Los neandertales desde luego no tenían sacos aéreos laríngeos, pero puede que los tuvieran los ardipitecos, los australopitecos y los parántropos.

Como tener sacos aéreos es la norma en los simios, empezando por los más cercanos, los chimpancés y los gorilas, y también es frecuente en los monos, nos vemos obligados a preguntarnos por qué los humanos no tenemos sacos aéreos laríngeos, y cuándo los hemos perdido. Usted y yo, o sea, los *Homo sapiens*, somos en esto la excepción, no la regla. Los hioides más antiguos de características (casi) totalmente modernas son los dos de la Sima de los Huesos en Atapuerca, que ya pertenecen al linaje de los neandertales, por lo que es seguro que nuestro antepasado común con los neandertales tenía un hueso hioides como el nuestro. ¿Cuándo se produjo el cambio? ¿En *Homo habilis*, en *Homo erectus*?

Los sacos aéreos laríngeos probablemente sirven para amplificar la voz actuando como una caja de resonancia, es decir, para que suene más fuerte, pero también para que suene más grave. Por ejemplo, los instrumentos de cuerda que producen un sonido grave, como el contrabajo y el violonchelo, tienen una caja de resonancia más grande que el violín, de sonido más agudo.

El tono de voz grave corresponde a las frecuencias más bajas del espectro sonoro. En la especie humana, un bajo o un tenor pueden producir sonidos más graves con su aparato fonador que una contralto o una soprano.

En muchas especies los machos producen sonidos potentes para impresionar a sus rivales, ya que en general los animales de gran tamaño emiten sonidos graves y fuertes, mientras que los animales pequeños los emiten más débiles y agudos. El tamaño del animal está por lo tanto relacionado con la frecuencia de su voz: frecuencia baja en los animales grandes y alta en los pequeños. Eso se debe simplemente a que el aparato fonador, que es el órgano que emite el sonido, es más grande en las especies grandes. Y un aparato fonador grande debería encontrarse en un animal corpulento, no en un colibrí o en un ratón, donde literalmente no cabe.

Pero no siempre es así, porque también se engaña con la voz en el reino de los animales, y alguno puede producir un sonido más potente y grave de lo que le corresponde por talla. Es lo que se conoce como «exageración de tamaño» y como todo en biología tiene un coste. Nada es gratis si se trata de producir un órgano. Un instrumento musical grande sale más caro que uno pequeño, y por eso es más rentable huir si eres un animal pequeño que tratar de amedrentar al depredador. En ecología todo es economía.

En realidad, esto que estoy contando ya lo sabíamos todos: en los dibujos animados se les pone voz aflautada a los animales pequeños y un vozarrón a los grandes, y sería muy chocante que ocurriera lo contrario. En nuestra especie los niños y las mujeres tienen voces más agudas que los varones, por lo general.

Pero los sacos aéreos se pueden infectar, y esta es una enfermedad bacteriana que no es del todo rara en los chimpancés y otros primates. Se llama aerosaculitis y se da en las aves con

frecuencia, siendo tratada por los veterinarios, que la conocen bien. Por lo tanto, la selección natural favorecerá la desaparición de los sacos aéreos (aparte del ahorro que supone) si no proporcionan ninguna ventaja a los machos, que en los primates son el sexo que los tiene más desarrollados.

Más aún, se podría pensar que hay correlación inversa entre el tamaño de los sacos aéreos y el de los testículos cuando comparamos las diferentes especies. Si los sacos son grandes en una especie los testículos serán pequeños, y al revés, si los testículos son grandes los sacos aéreos serán pequeños.

¿A qué se debe esto? Ya hemos visto que, en las especies que tienen una estructura social/reproductiva de tipo poligínico (el grupo está formado por pocos machos adultos, o solo uno, y muchas hembras), hay graves conflictos entre los machos de la especie, que son muy intolerantes y excluyentes, pero al mismo tiempo hay poca competencia a la hora de fecundar a las hembras del grupo, porque solo hay un macho adulto con ellas cuando ovulan. Por este motivo la producción de espermatozoides es menor que en los grupos en los que hay muchos machos y las hembras en celo copulan con varios de ellos o con casi todos, como ocurre en los chimpancés y bonobos. Los espermatozoides de estos machos compiten unos con otros por llegar hasta el óvulo, y cuantos más produzca un macho, más posibilidades tendrá de que uno de sus espermatozoides sea el afortunado.

Los sacos aéreos de los primates serían, en consecuencia, un resultado de lo que Darwin llamó la selección sexual, es decir, la lucha por la reproducción, para diferenciarla de la lucha por la vida. La primera produce caracteres que diferencian a los dos sexos, y la segunda genera adaptaciones ecológicas que son iguales para los dos sexos, porque generalmente machos y hembras se ganan la vida de la misma manera, ocupan el mismo nicho ecológico.

Los primates que tienen sacos aéreos más desarrollados y también huesos hioides más grandes son los monos aulladores sudamericanos (género *Alouatta*). Pese a su pequeño tamaño producen uno de los sonidos más potentes salidos de la boca de un animal que puedan escucharse sobre la faz de la Tierra. No sabemos qué ruidos emitían los dinosaurios, pero es difícil llegar más lejos con la voz de lo que lo hacen los monos aulladores.

En las diferentes especies de estos monos aulladores los hioides (y

los sacos aéreos conectados a estos) tienen diferentes tamaños, por lo que podemos comparar hioides y testículos. Al hacerlo observamos que se cumple la *predicción* de que los sacos aéreos son más grandes, y al mismo tiempo hay una mayor diferencia entre los dos sexos (más dimorfismo sexual), en las especies en las que la sociedad es más claramente poligínica.

Dicho de otro modo, cuanto más intolerante es un macho con los otros machos de la misma especie más necesidad tiene de mantenerlos lejos y amedrentados con sus aullidos (exagerando su propia corpulencia) y también hay menos competencia espermática. O sea, sacos laríngeos grandes y testículos pequeños.

Así pues, la pérdida de los sacos aéreos laríngeos en la línea humana podría tener que ver con cambios en la vida social de nuestros antepasados, que se habrían hecho más tolerantes y prescindirían de las exhibiciones vocales.[3]Y andando el tiempo los gruñidos y los gritos habrían dado paso a la conversación, el lenguaje pausado con palabras, que se mantiene a poca distancia y sin elevar la voz. De hecho, no nos gusta que nos levanten la voz porque lo percibimos como una amenaza directa. Calderón de la Barca dice en su obra de teatro *El sitio de Breda* para referirse a los soldados españoles de los tercios: «Todo lo sufren en cualquier asalto, solo no sufren que les hablen alto».

Por supuesto que los que opinan que siempre hemos sido unos primates agresivos y violentos, hasta el día de hoy, podrían argumentar que la intimidación vocal dejó de ser importante cuando aparecieron las armas mortíferas. No es que descendiera la conflictividad social, sino que las disputas se resolvían a lanzadas o mazazos. Pero, de todos modos, los gritos intimidatorios siguen siendo importantes en el combate, y no se han perdido del todo. Se vocifera cuando se lucha.

¿Quiere decir todo lo anterior que si oyéramos vocalizar a los australopitecos nos recordarían más a los chimpancés que a los humanos y que tendrían sacos laríngeos? Es posible, del mismo modo que la forma totalmente moderna del hueso hioides de la Sima y de los neandertales nos sugiere una vocalización parecida a la nuestra. Sin embargo, se trata solo de una prueba indirecta, a la que no podemos dar por definitiva porque el hueso hioides no interviene directamente en la producción de sonido.

Con todo y con eso, si yo tuviera que ponerle sonido a un documental de australopitecos, creo que utilizaría vocalizaciones de chimpancés o bonobos. Y esta es otra pista para los paleoartistas a la hora de representar la expresión de la cara cuando emiten sonidos los australopitecos. Porque, ahora que lo pienso, casi siempre se los representa callados, con la boca cerrada (o comiendo).

## El suelo de la boca

Como he dicho, el hueso hioides no se articula con ningún otro, porque está como suspendido de unos músculos que forman el suelo de la cavidad oral (la boca) y que por lo tanto también constituyen la base de la mandíbula. Estos músculos se llaman suprahioideos (lógicamente) y pueden subir el hioides en el cuello si la mandíbula es el punto fijo en el movimiento, o hacer descender la mandíbula si el hioides es el punto fijo. Hay otros músculos por debajo del hioides que relacionan este hueso con la laringe, el esternón y el omóplato. Son los músculos llamados en conjunto infrahioideos, y estos solo pueden hacer que descienda el hueso hioides. En el «Apéndice 12» se lo explico, pero le advierto que es solo para especialistas y personas aficionadas a la anatomía.

Pero, oiga, bien mirado, ¿no se ha preguntado nunca de qué está formado el suelo de la boca? Porque ese suelo no es rígido y de hueso, sino de tejido blando. Si nos tocamos la mandíbula vemos que hay dos ramas horizontales, una a cada lado, que se unen por delante. Esa zona de fusión se conoce como sínfisis mandibular y es donde se encuentra en nuestra especie el mentón o barbilla. Las demás especies animales e incluso los homininos fósiles no tienen barbilla.

Las dos ramas horizontales unidas forman el cuerpo de la mandíbula. Las dos hileras de dientes están implantadas en el borde superior (borde alveolar) del cuerpo de la mandíbula y llegan hasta la sínfisis, que es la región de los incisivos. Hay también dos ramas verticales o ramas ascendentes de la mandíbula que suben para articularse con el hueso temporal del cráneo. Esa articulación entre la mandíbula y el temporal se encuentra justo por delante de su oído. Me imagino que está ahora moviendo la mandíbula y palpándose sus contornos y la articulación temporomandibular (conocida por su

acrónimo ATM, que utilizaremos en el futuro). Empiece a recorrer con el dedo el borde posterior de la rama vertical y el borde inferior (o borde basal) de la rama horizontal hasta llegar a la sínfisis y pasar a la otra rama horizontal.

Habrá comprobado que el borde basal del cuerpo de la mandíbula forma una especie de V o de U horizontal, pero no hay hueso entre una rama y otra. ¿Entonces, qué es lo que forma el suelo de la boca? ¿Piel? Tocamos piel, desde luego, pero si apretamos notaremos algo más duro, notaremos músculo. Ese músculo se llama m. **milohioideo**, y es uno de los que trato en el «Apéndice 12», que después de todo puede que le interese aunque no sea un especialista ni un fanático de la anatomía humana.

## El virtuoso y su violín

Se han hecho intentos de situar la posición de la laringe en nuestros antepasados y parientes, porque la laringe desciende en el cuello a partir del momento en el que se abandona la lactancia.

Pero ese descenso solo se produce en el ser humano. En el resto de los mamíferos la laringe nunca desciende, ni siquiera después de la lactancia. O eso se ha dicho siempre, porque ahora no está tan claro que los chimpancés adultos tengan la laringe alta y que no descienda.

En todo caso, una laringe más baja en el cuello representa una faringe más larga, porque la faringe está situada por encima de la laringe. Se ha razonado que el desarrollo vertical de la faringe permitió vocalizar mejor a nuestros antepasados, es decir, mejorar la gama de sonidos que podemos emitir.

Los neandertales, han dicho algunos autores, aún tenían la laringe alta, por lo que su vocalización no era tan perfecta como la nuestra (les costaría formar algunas vocales), pero lo cierto es que no hay ninguna prueba directa de que la posición de la laringe neandertal fuera distinta de la nuestra. Se ha comparado la base del cráneo de los neandertales con la de los niños actuales y se ha dicho que en ambos casos es plana, mientras que hay una inflexión (una angulación) en la base del cráneo adulto moderno.

Faltan bases de cráneo fósiles (se trata de una región muy frágil) para hacer esa afirmación tan rotunda, pero además la relación entre

la forma de la base del cráneo y la posición de la laringe en el cuello no es directa, sino indirecta. Se razona así: los lactantes tienen la base del cráneo plana y la laringe alta, luego si una especie fósil tiene la base del cráneo plana de adulto, eso querría decir que la laringe no ha descendido.

Como la faringe es el peligroso lugar donde se cruza el tracto respiratorio con el digestivo, el precio que hay que pagar por tener una laringe baja y una faringe larga es que nos atragantemos con más frecuencia que los animales, o al menos eso es lo que parece. No tenemos cifras de chimpancés muertos por atragantamiento, pero las humanas son realmente impresionantes, como ya comentamos a propósito de la maniobra de Heimlich.

Todo esto de la producción del sonido se suele poner en relación con el lenguaje articulado, pero la verdad es que este depende más del cerebro que del aparato fonador. El lenguaje humano utiliza símbolos para comunicarse, pero un cerebro plenamente simbólico podría comunicarse utilizando un aparato fonador como el de un chimpancé, y ya puestos, con el lenguaje de signos de los sordomudos, es decir, incluso sin voz.

Pero también es verdad que nuestro aparato fonador facilita a nuestro cerebro simbólico la comunicación y que es el aparato más perfecto que existe en el reino animal para comunicarse como lo hacemos los humanos: a corta distancia, conversando, con una gran cantidad de sonidos e inflexiones de voz; es decir, transmitiendo mucha información en poco tiempo. A los que hablábamos de niños atropelladamente nos decían que articuláramos, que no se nos entendía lo que queríamos decir.

Los sacos aéreos probablemente nos estorbarían a los humanos a la hora de hablar y por eso la selección natural los suprimió. El verdadero órgano del lenguaje humano es el cerebro, sin duda, porque es donde se codifica y descodifica la información, pero se trata de un violinista virtuoso que utiliza un Stradivarius, por recurrir a una analogía musical.

## Tenía razón François Jacob

Pero no acaba aquí todo lo que puede enseñarnos este modesto hueso

hioides, del que tal vez ni siquiera había oído usted hablar. Lo que le voy a contar le va a parecer increíble. El hueso hioides deriva evolutivamente de un arco que sostenía una branquia en nuestros antepasados con forma de pez de la era Primaria, el Paleozoico. Lo voy a explicar.

Los primeros vertebrados que existieron, hace más de 500 millones de años, eran unos *peces* que no tenían mandíbula. Tenían boca, claro está, pero no tenían una pieza móvil con sus dientes incluidos, como tenemos nosotros. La razón es que no necesitaban la mandíbula, puesto que se limitaban a filtrar el agua, reteniendo en sus branquias las partículas de materia orgánica en suspensión. Las branquias les servían por lo tanto para respirar y para alimentarse.

Siendo las branquias unos órganos de tejido blando, necesitaban unas estructuras rígidas que les sirvieran de soporte, porque si no el agua las aplastaría. Esas estructuras estaban formadas por distintos elementos alargados que se articulaban para formar los arcos branquiales. No voy a seguir explicando la anatomía de los primeros vertebrados porque estos ancestros son demasiado antiguos, pero sí quiero recordar que nosotros, como vertebrados terrestres que somos, respiramos por medio de pulmones, no de branquias. ¿Qué ha sido entonces de los arcos branquiales? ¿Se habrán volatilizado? Pues no, simplemente han cambiado de función.

Para saber lo que ha pasado en la evolución disponemos siempre de tres fuentes de conocimiento. La primera es la anatomía comparada. Se trata de comparar los mamíferos con los reptiles, con las aves, con los anfibios, con los peces óseos u osteíctios (como las merluzas) y con los peces cartilaginosos o condrictios (como los tiburones).

La otra aproximación es, obviamente, la paleontológica: la lista de nuestros antepasados. Se parece mucho a ver nuestra evolución a cámara rápida partiendo de los primeros vertebrados de comienzos de la era Primaria (el Paleozoico). Cada fósil es un fotograma de la película, que vemos pasar un poco a saltos porque todavía nos faltan muchos fotogramas en la larga película de la historia de la vida que es el registro paleontológico.

Y la tercera vía de conocimiento es nuestro propio desarrollo embrionario. Pero esto hay que explicarlo bien. No es que se repita en el seno materno toda la evolución humana desde el primer vertebrado

hasta nosotros como si fuera una cadena de animales adultos; es decir, no pasa el embrión humano en su desarrollo por un *pez adulto*, una *salamandra adulta*, un *lagarto adulto*, una *musaraña adulta*, un *mono adulto*, etc., sino que se suceden las etapas embrionarias de nuestros antepasados.

Voy a intentar explicarlo mejor. Lo que se comprime en el desarrollo embrionario es una secuencia de embriones, no una secuencia de adultos. En las fases tempranas del desarrollo nuestros embriones se parecen a los embriones de nuestros antepasados que vivieron en el agua hace cientos de millones de años.

El antiguo primer arco branquial de nuestros antepasados, el más adelantado, se ha transformado mucho, pero todavía sirve como una plantilla para la mandíbula. No es que se osifique el cartílago embrionario para dar lugar al hueso de la mandíbula manteniendo su forma, sino que nuestra mandíbula se forma alrededor del cartílago embrionario, que le sirve de base.

De este primer arco branquial también derivan el yunque y el martillo del oído medio de los mamíferos. Dicho técnicamente, unos huesos llamados «articular» y «cuadrado» que servían para articular la mandíbula con la base del cráneo se convirtieron en transmisores de las vibraciones del aire en el oído medio... que tampoco está tan lejos de la mandíbula a fin de cuentas. El agujero (o meato) auditivo externo, por donde entran las vibraciones del aire en el oído, se localiza en el interior del pabellón auditivo, como puede usted comprobar ahora mismo tocando el interior de su oreja. La articulación de la mandíbula con el cráneo (ATM) está situada solo un poco por delante.

Del segundo arco branquial, un poco más atrás que el primero, proceden el estribo (el tercer huesecillo del oído medio, que completa la cadena con el martillo y el yunque), la parte superior del cuerpo del hueso hioides y el asta menor, además de la apófisis estiloides del hueso temporal. La apófisis estiloides se prolonga en el ligamento estilohioideo y el músculo **estilohioideo**, que van a parar al hueso hioides, para que vea usted lo relacionado que está todavía todo. Quizás ahora le entren deseos de estudiar el «Apéndice 12», si es que se lo había saltado. Además, es el último apéndice de este libro.

El asta mayor del hueso hioideo y la parte inferior del cuerpo proceden del tercer arco branquial.

Del cuarto arco branquial vienen el cartílago tiroides y la epiglotis de la laringe. La epiglotis es un cartílago con forma de *hoja* que se une por el *peciolo* (el «rabo de la hoja») al cartílago tiroides. Tiene una función muy importante, porque durante la deglución (al tragar) la epiglotis se dobla hacia atrás para cerrar la entrada de la laringe y evitar el atragantamiento, es decir, que la comida o la bebida se vayan «por el otro lado» (el «lado de respirar»), en dirección a los pulmones. Si este atragantamiento se produce es que el mecanismo no ha funcionado bien y hay que recurrir a la palmada en la espalda o a la maniobra de Heimlich para desatascar la vía respiratoria expulsando el objeto que la bloquea e impide que llegue el aire a los pulmones. De otro modo se podría producir la muerte por asfixia. Pues bien, este cartílago tan importante para un animal que respira el aire atmosférico procede del arco branquial de un vertebrado con forma de pez que respiraba oxígeno disuelto en el agua.

Es esta curiosa historia de los arcos branquiales, en la que aparecen la mandíbula, la base del cráneo, los huesecillos que transmiten el sonido en la audición, el aparato fonador y el hueso hioides, la que suelo utilizar como prueba de que acertaba François Jacob cuando decía que la evolución hace bricolaje. ¡Y qué remedio le queda! Solo puede trabajar con la herencia recibida.

## La mosca

Pero todavía hay más, y es un descubrimiento muy reciente. ¿Sabía usted que muchos de sus veinte mil genes se pueden encontrar entre los trece mil genes de la mosca del vinagre? ¿No se imaginaba usted, como pensaban todos los biólogos hasta ayer mismo, que los genes de la mosca del vinagre y los de un ser humano debían de ser diferentes en su práctica totalidad?

Morfologías tan opuestas como la de la mosca y el humano deberían ser la expresión de genes distintos, porque los vertebrados no descendemos de los insectos y demás artrópodos, sino que hemos seguido caminos evolutivos diferentes desde casi el principio de la historia de los animales. Es cierto que la mosca tiene ojos y tiene patas, y el cuerpo estructurado en grandes bloques (cabeza, tórax y abdomen) como el nuestro, pero se suponía que estos diseños

similares estaban programados por genes distintos.

Ernst Mayr, uno de los creadores del neodarwinismo, la doctrina estándar en la biología moderna, lo expresaba diciendo que a Roma se puede ir por muchos caminos diferentes, y a las patas y los ojos de los insectos y los vertebrados se puede ir por genes distintos. Pero resulta que solo hay un camino para ir a Roma, la vía común por la que hemos transitado todos los animales con simetría bilateral.

## Bilaterales

En este libro he insistido en los planos de orientación y ejes de referencia del cuerpo humano, que son necesarios para describir correctamente sus partes. Uno de esos planos de orientación es el plano medio o plano sagital, que divide el cuerpo en dos partes simétricas, como si fuera un espejo. La mayor parte de los filos animales (los grandes linajes evolutivos) son así. Podemos clasificarlos a todos ellos juntos en una gran categoría de la sistemática animal que se llama Bilateralia, caracterizada por la existencia de un plano medio o sagital. Las esponjas y los corales, pólipos, actinias y medusas que viven todavía en los mares no tienen simetría bilateral, y se quedan fuera de Bilateralia. Estos grupos de organismos se separaron antes (primero las esponjas y luego los corales y demás) del antepasado común de todos los animales que existen hoy. Ese ancestro universal no tenía, desde luego, simetría bilateral.

Los cordados forman el grupo al que pertenecemos los vertebrados junto con unas pocas especies acuáticas poco conocidas por el gran público. Los parientes más cercanos de los cordados son los equinodermos, es decir, las estrellas y los erizos de mar. Los equinodermos adultos no tienen bilateralidad (piense en una estrella de mar, que puede *cortarse* en mitades simétricas por cinco planos, tantos como brazos), pero sus larvas sí, por lo que estamos convencidos de que los equinodermos actuales tuvieron antepasados bilaterales. Las larvas de los equinodermos son muy móviles, forman parte del plancton y así pueden dispersarse y viajar lejos de donde vivían sus padres para colonizar nuevos territorios con menos competencia. Esa es precisamente la gran ventaja de la bilateralidad: favorece el desplazamiento de un animal tanto en el agua como en la

tierra firme. Y como *los bilaterales* se mueven por sus propios medios, tienen los órganos de los sentidos y la boca siempre delante.

Es posible que en algunos planetas de otros sistemas solares haya formas de vida que no sean bilaterales, como lo fueron los primeros animales de la tierra, pero si viajan por el espacio para visitarnos serán bilaterales y tendrán su boca y sus órganos de los sentidos delante... o arriba, en el caso de que sean bípedos como nosotros.

La simetría bilateral es muy antigua en la Tierra, ya que tiene al menos 540 millones de años, pero si lo pensamos bien ese diseño común de todos los animales bilaterales tiene que responder a unos programas de desarrollo que no pueden ser demasiado diferentes, incluso hoy.

Empecemos por el plan general. Todos los animales bilaterales tienen un cuerpo formado por módulos, es decir, por bloques repetidos y alineados, que forman una serie de partes esencialmente iguales. A partir de este cuerpo alargado y seriado se proyectan hacia el exterior apéndices y órganos (patas, mandíbulas, alas, antenas, ojos, etc.). Los diferentes segmentos se especializan y diferencian mucho, pero responden al mismo modelo básico.

Es fácil ver este patrón modular en un invertebrado, sea de cuerpo blando o sea un artrópodo, pero también se puede apreciar en un vertebrado, incluso en un mamífero, durante el desarrollo. En los embriones de los vertebrados se forman unos engrosamientos consecutivos del cuerpo que se llaman técnicamente «somitos», y estos abultamientos seriados darán lugar a las vértebras, las costillas y los músculos correspondientes. Nosotros también tenemos un diseño modular.

## La piedra Rosetta de la biología

La genética del desarrollo ha avanzado mucho en los últimos cuarenta años y ahora sabemos que los descubrimientos realizados con la mosca del vinagre (la drosófila, el animal de referencia para los experimentos genéticos) son aplicables al ser humano. El diseño modular del cuerpo de una mosca del vinagre está controlado por un juego de ocho genes llamados Hox, que se disponen en el tercer cromosoma de los cuatro que tiene la mosca. Tres de estos genes Hox afectan a la parte

posterior de la mosca y van en un bloque, mientras que los otros cinco genes Hox, que afectan a la mitad anterior del cuerpo, forman un conjunto aparte.

En los cromosomas los genes se disponen en fila, y lo increíble es que el orden de los genes Hox en cada uno de los dos conjuntos es el mismo orden de las partes del cuerpo en las que esos genes Hox se expresan. Es decir, las relaciones espaciales de las partes del cuerpo se mantienen en los cromosomas.

Los increíbles genes Hox, que bien pueden llamarse escultores del cuerpo de la mosca del vinagre, podrían ser una particularidad de esta especie, o tal vez de todos los insectos, y no estar presentes en los animales llamados tradicionalmente *superiores*, como —por supuesto— nosotros. Pero descubrimientos posteriores revelaron que los genes Hox eran universales entre los animales del gran grupo Bilateralia, incluyendo a los mamíferos, a pesar de que un ratón y una mosca llevan separados evolutivamente más de quinientos millones de años. Sin duda el antepasado común tenía genes Hox.

Nosotros los mamíferos tenemos cuatro juegos de genes Hox, en lugar de un solo juego como la mosca, pero es el resultado de dos duplicaciones del juego original. En todo caso, los genes Hox siguen siendo tan importantes en la formación del cuerpo de un mamífero como lo son para la mosca. Y además, tal y como sucedía con la mosca del vinagre, el orden en el que se disponen los genes Hox de cada uno de los cuatro juegos es el mismo orden de las partes del cuerpo controladas por esos genes.

Este descubrimiento de los genes Hox tiene tanta importancia que se ha dicho de ellos que son la piedra Rosetta de la genética del desarrollo. Igual que esta inscripción egipcia sirvió para descifrar la escritura jeroglífica, los genes Hox nos permiten entender cómo está escrito el desarrollo de los animales.

## Ojos por todas partes

Pero aparte de los genes Hox, hay en la mosca del vinagre otros genes *constructores de cuerpos* que también se expresan en el desarrollo de los mamíferos. El mejor ejemplo está en los ojos. Los de los artrópodos son ojos compuestos, formados por muchas facetas, y no son móviles.

Por el contrario, los ojos de los mamíferos son ojos de cámara, que no son compuestos sino simples, y que se mueven, como todos sabemos. Aparentemente se trata de dos soluciones diferentes para el mismo problema de la visión, dos caminos que convergen en Roma.

Pero resulta que en la mosca del vinagre se descubrió un gen llamado Eyeless, que se traduce como «sin ojos», porque en las moscas en las que se produce una mutación de ese gen no se forman los ojos.

En los humanos hay un gen llamado Aniridia, porque los individuos mutados presentan el iris del ojo reducido o incluso ausente.

Y en los ratones, cierta mutación del gen Small Eye («ojo pequeño») está detrás de la reducción o la no formación del ojo.

La relación entre el gen Eyeless de la mosca y la formación del ojo se puede demostrar experimentalmente. Cuando se activa artificialmente el gen en alas, patas y otras partes del cuerpo se forma tejido ocular. Es decir, cuando el gen está mutado no se forman los ojos de la mosca, y allí donde se activa la forma normal (no mutada) se forma tejido ocular. No ojos completos, pero sí estructuras del ojo.[4]

El siguiente experimento consiste en trasplantar el gen Small Eye del ratón a la mosca, y el resultado es que cuando se lo activa artificialmente en lugares raros se forman estructuras *del ojo de la mosca*. No del ojo del ratón, atención, sino del ojo de la mosca.

Los tres genes mencionados se agrupan bajo el nombre común de Pax-6 y se ha podido ver que este gen existe en toda clase de animales con ojos. No quiere eso decir que el gen Pax-6 sea el responsable de todos los tipos existentes de ojos, sino que es un gen muy antiguo que se ha conservado en todos los grupos porque promueve la formación de los ojos, que en cada grupo se desarrollarán luego siguiendo su propio camino para producir los diseños característicos de cada tipo de animal.

Todo parece indicar que hay una base genética muy antigua que es común a todos los animales con ojos. Lo contrario, que los diferentes grupos animales tengan genes tan parecidos por evolución convergente, se antoja muy poco creíble.

Podemos detenernos ahora en otro ejemplo. El gen llamado Distal-less (abreviado como Dll) de las moscas debe de tener que ver con la formación de los segmentos distales de las patas (los segmentos más alejados del cuerpo) porque cuando muta el gen estos segmentos

no se forman. Lo sorprendente es que está relacionado con toda clase de apéndices que se proyectan desde el cuerpo de un animal, sean quetas de anélidos marinos, sifones de ascidias, patas de pollo o aletas de peces.

Pero vayamos ahora al corazón. Las moscas no tienen un sistema circulatorio cerrado como el nuestro, pero sí un órgano que bombea la sangre al interior del cuerpo. Para que se constituya este órgano impulsor es necesaria la versión no mutada del gen llamado Tinman (por el personaje del Mago de Oz que está hecho de hojalata y que no tiene corazón). Pues bien, este gen pertenece a una familia de genes llamada NK2, que tiene que ver con la formación del corazón de los vertebrados, el humano incluido.

Para entender cómo actúan los *genes maestros*, como los Hox, Pax-6, Dll y Tinman, es necesario explicar que la información que contienen los genes especifica proteínas. Y resulta que las proteínas codificadas por los *genes reguladores* de los que vengo hablando se unen a los *genes estructurales* (los *normales*) y los activan (los ponen en *on*) o los desactivan (los ponen en *off*) según el momento del desarrollo y el lugar (*la posición topográfica*) que ocupe una célula en el embrión.

## Un juego de herramientas para hacer bricolaje

Las poblaciones de células del embrión se comunican entre sí por medio de moléculas (proteínas) que informan a cada célula del lugar que ocupa en el cuerpo y, por lo tanto, de cuál es su destino en el adulto: en qué tipo de tejido se tiene que especializar, de qué órgano va a formar parte y a qué sistema corporal va a pertenecer. Un embrión en sus primeras fases puede compararse con un globo terráqueo con los países pintados en él, de manera que la *longitud* de una célula (la posición en el eje *oeste/este*) y la *latitud* (en el eje *norte/sur*) determina su *identidad nacional* (en qué *país* se va a convertir). Podríamos decir que los embriones tienen una *geografía*. Como todas las células disponen exactamente de la misma dotación genética, no son sus genes sino la *localización geográfica* de las células en el embrión la que determina su futuro, igual que nos sucede a los humanos con la nacionalidad. Somos del país en el que nacemos, no lo

elegimos.

Los *genes maestros* (los Hox y los otros), las señales químicas, las hormonas y otras moléculas forman lo que se ha llamado la caja de herramientas del desarrollo (el *tool kit*), que establece la forma final de un animal organizado bilateralmente. En realidad el número de genes de la *caja de herramientas* es muy limitado en comparación con el total de genes de una especie. Se sabe que de los aproximadamente 12.000 genes del genoma de la mosca del vinagre solo unos cientos están implicados en el desarrollo. Los demás genes programan las funciones normales de la célula.

La conclusión principal de todo lo que llevamos dicho hasta ahora es que *encendiendo* (poniendo en *on*) y *apagando* (poniendo en *off*) genes aquí y allá, antes y después, es posible producir la enorme variedad de los animales bilaterales, sin necesidad de que cambie el genoma completo de una especie para producir otra. En otras palabras, François Jacob tenía razón incluso a nivel molecular cuando hablaba de que la evolución hace bricolaje. Es una cuestión de manejar bien los interruptores y de *saberse unos cuantos trucos*.

Toda esta revolución de la genética del desarrollo ha contribuido tanto a nuestro conocimiento de la evolución que ya no es posible separar la genética de la embriología, la paleontología, la clasificación de las especies (o sistemática biológica) y la anatomía comparada, integrándose todas estas disciplinas en una nueva ciencia que se ha llamado EvoDevo (en inglés, evolución y desarrollo). Y esta es una gran noticia, porque indica un grado muy avanzado de madurez de la biología. En efecto, todas las ciencias empiezan especializándose, fragmentándose, para luego volverse a reunir conforme se va desarrollando una teoría general que las agrupe, hasta llegar a la deseada síntesis final. Los grandes progresos de la genética del desarrollo de las últimas décadas han supuesto un enorme avance en esa dirección.

Músculos del cuello. *Gray's Anatomy.*

# LA EXPRESIÓN DE LAS EMOCIONES

*Para poner en práctica este capítulo solo se necesita hacer muecas delante de un espejo. Somos la única especie en la que los individuos saben el aspecto que tienen. Pero no desde hace mucho tiempo, porque en la prehistoria no había espejos. Hay más dudas acerca de si somos la única especie en la que los individuos se reconocen a sí mismos delante de un espejo. El problema es que las otras especies no hablan y no les podemos preguntar si saben quiénes son.*

*Este es el momento de que mire el perfil de la persona que tenga al lado. Lo ha visto muchas veces, en incontables personas, pero ahora le pido que lo haga con los ojos de la extrañeza, porque no somos normales si nos comparamos con los chimpancés, por ejemplo. Fíjese en lo vertical de la frente humana. Dese cuenta de que las cejas no sobresalen. Observe la enorme proyección de la nariz. Y que no se le pase por alto el mentón, la barbilla, que ningún otro mamífero exhibe. Ya puestos, repare en la barba y el cabello humanos, porque se componen de pelos que crecen continuamente. Los chimpancés no necesitan ir a la peluquería ni al barbero. Nosotros sí.*

## Los fueguinos no se besan

En el año 1871 se publicó *El origen del hombre*. En este libro Darwin se esforzaba en demostrar, como ya habían hecho otros autores en los años inmediatamente anteriores, que no hay una diferencia esencial entre nuestra especie y los (demás) animales, en particular los vertebrados, y dentro de estos los mamíferos, y más concretamente los primates, y especialmente los simios. O dicho de otra manera, que nuestro lugar está entre los simios, los primates, los mamíferos, los vertebrados y los animales con simetría bilateral, los que tienen el cuerpo dividido en dos mitades simétricas.

Pero Darwin fue más lejos en su atrevimiento. Empezó a escribir

un capítulo sobre la expresión de las emociones en el hombre y en los animales, pero luego pensó que *El origen del hombre* le estaba quedando demasiado largo y lo dejó para otro libro, que publicó al año siguiente (1872). Por este motivo *La expresión de las emociones en el hombre y en los animales* puede considerarse una parte del largo argumento que desarrolló Darwin en *El origen del hombre*.

Más que una obra concluida y cerrada, *La expresión de las emociones en el hombre y en los animales* me parece un programa de investigación, un plan de trabajo para las futuras generaciones de científicos; algo que se puede decir de todos los libros de Darwin, pero más en este caso.

Se trata, viene a decir Darwin, de ver en primer lugar si hay continuidad entre el lenguaje corporal de los animales y el nuestro, comparándonos especialmente con los simios y otros primates, que son nuestros parientes más cercanos, pero también con los gatos y perros domésticos.

Es preciso establecer rigurosamente cómo expresamos las emociones los seres humanos, y qué músculos se contraen en la cara, que es donde más claramente se reflejan nuestros sentimientos.

La principal dificultad en esta investigación estriba en que hay que distinguir entre qué parte del lenguaje corporal humano es instintiva, es decir, hereditaria, y qué parte se aprende socialmente y por lo tanto variará entre las culturas. Para hacer esta distinción es necesario averiguar si todos los pueblos de la Tierra se expresan con sus gestos de la misma manera. A ser posible, conviene investigar a los pueblos que no han sido culturalmente contaminados por los occidentales, a los que podrían haber imitado en su gestualización.[1]Por lo tanto hace falta recabar información fehaciente de los primeros contactos entre nativos y viajeros, exploradores y científicos occidentales.

El propio Darwin en su viaje de cinco años alrededor del mundo en el navío Beagle conoció muchas sociedades no occidentales, algunas tan remotas y aisladas como los habitantes de la Tierra de Fuego, en el extremo meridional de América: los onas y los yaganes.

Además, con Darwin en el barco viajaban tres fueguinos de la etnia yagán, dos hombres y una mujer, a los que el capitán del Beagle había llevado a Inglaterra en un viaje anterior. Una de las misiones de la segunda expedición del Beagle era, precisamente, devolverlos a su

tierra natal. En su libro de la expresión de las emociones, Darwin menciona dos veces al más joven de los yaganes, un muchacho al que los ingleses habían puesto el nombre de Jemmy Button. Una vez lo cita porque le había informado de que en su tribu no se besaban, y la otra para referir que se ruborizaba cuando se le comentaba el interés que ponía en sacar brillo a sus zapatos o en arreglarse, porque Jemmy Button era muy presumido. Y para Darwin ponerse rojo era una característica importante, como veremos.

Tenemos una fuente adicional de información en nuestros propios niños, esos pequeños salvajes, si sabemos observarlos, y Darwin lo hizo sistemáticamente con sus propios hijos. Aquellos gestos que hacen los más pequeños, empezando por el de llorar nada más nacer, tienen muchos visos de ser innatos. La seguridad de que se trata de gestos instintivos se refuerza si además de ser muy pequeños los niños observados son ciegos, desgraciadamente, porque entonces no han podido imitar los gestos.

Este programa de investigación sigue siendo perfectamente válido hoy en día, aunque en un mundo tan globalizado como el nuestro no es fácil encontrar culturas que no estén muy influidas por el cine o la televisión, o cualquier otra forma de imagen, a la hora de expresar sus emociones.

Pero siempre se puede recurrir a las obras de arte realizadas en el pasado. En esculturas y pinturas antiguas se podrá, razonaba Darwin, obtener información fiable de cuando el mundo estaba mucho menos conectado. Usted mismo puede hacerlo cuando visite los monumentos antiguos de otras culturas. Si hay representaciones humanas en ellas, ¿es su lenguaje corporal igual que el nuestro? ¿Entendemos bien los gestos de los antiguos egipcios? ¿Y es pudor lo que expresan las venus que llamamos «púdicas»?

A mí me parecen todavía más interesantes las imágenes de los mayas, aztecas, mochicas y otras culturas americanas, porque sin duda no estaban influidas por los pueblos europeos. Antes del encuentro llevábamos completamente separados la friolera de 15.000 años.

## Manos a la obra

Con estas herramientas conceptuales Darwin se puso a la tarea. Como

siempre hacía, se informó de primera mano de todo lo que pudo por medio de una activa correspondencia con su red de corresponsales repartidos por todo el mundo. Incluso hizo imprimir una encuesta con preguntas sobre el tema para que la rellenaran sus informantes en el extranjero, y obtuvo «treinta y seis respuestas de diferentes observadores, varios de ellos misioneros o protectores de los aborígenes».

Y además recurrió a la novedad técnica que suponía en los años sesenta y setenta del siglo XIX la fotografía. Darwin poseía una amplia colección de imágenes de expresiones faciales en su casa, fotografías que había ido adquiriendo para documentarse sobre el tema. El libro *La expresión de las emociones en el hombre y en los animales* es uno de los primeros libros británicos que contienen fotografías en sus páginas, además de dibujos de gatos, perros, monos y aves. De hecho Darwin le pidió vehementemente a la editorial que incluyera muchas más láminas de fotografías en el libro, pero el editor se negó por el aumento de coste que supondría.[2]

Las fotografías de su época requerían un largo tiempo de exposición, por lo que las imágenes no eran *instantáneas*, sino posados. El neurólogo francés Guillaume Duchenne había publicado en 1862 un libro en el que aparecían fotos de personas a las que había estimulado eléctricamente (o galvanizado, como se decía entonces) uno u otro músculo para ver qué expresión producía su contracción en el rostro. A Darwin le interesaron mucho estas imágenes, hasta el punto de reproducir algunas en su propio libro, porque estos experimentos abrían la puerta al estudio de la fisiología de la expresión facial.

De este modo, llegó Darwin a algunas conclusiones que le parecían importantes para el estudio de la evolución humana. En los siguientes párrafos recojo algunas de sus ideas, pero, ¡recuerde!, son razonamientos de Darwin, no míos:

- Las principales expresiones que exhiben los humanos y los animales son innatas o heredadas, y no han sido aprendidas. Estamos tan familiarizados con el hecho de que los animales jóvenes muestran sus sentimientos de la misma manera que lo hacen los animales viejos de su especie que no nos damos cuenta de lo destacable que es el que un cachorro de perro mueva la cola cuando está contento, y baje las orejas y muestre

los colmillos cuando finge amenaza como lo hace un perro viejo. O que un gatito arquee su pequeña espalda y erice su pelo cuando tiene miedo o está enfadado, como un gato viejo. Sin embargo, cuando se trata de nuestros propios gestos —como encogerse de hombros como signo de impotencia o levantar las manos abiertas con las palmas hacia fuera como signo de asombro— nos cuesta aceptar que sean innatos. Pero que son heredados se puede deducir del hecho de que los realizan niños muy pequeños, incluso los nacidos ciegos, y las más variadas razas humanas [como se decía entonces; «etnias» y «poblaciones» son términos más apropiados].

- El hecho de que las principales expresiones que muestran los seres humanos sean las mismas en todo el mundo es interesante porque proporciona un nuevo argumento a favor de que las diferentes razas proceden de un único tronco, que debió de ser casi completamente humano en estructura, y en gran medida en mente, antes de que las razas se separaran unas de otras. Parece extremadamente improbable que tanta semejanza, o incluso identidad, en los movimientos de expresión pudieran haberla adquirido las diferentes razas de forma independiente.
- De todas las expresiones, ruborizarse parece la más humana, y se encuentra prácticamente en todas las razas, aunque no se produzca un cambio visible de color en la piel. La relajación de las pequeñas arterias de la superficie, de la que depende el rubor, parece resultar de la atención dirigida por otros a nuestra apariencia —especialmente de la cara— y luego se extendió por asociación a la atención dirigida a nuestra conducta moral. No puede dudarse de que muchos animales son capaces de apreciar la belleza de los colores e incluso de las formas, a juzgar por los trabajos que se toman los individuos de un sexo para mostrar su belleza al sexo opuesto. Pero no parece posible que ningún animal, hasta que sus poderes mentales hubieran igualado, o casi, los humanos, pudiera ser sensible a su propia apariencia *personal*. De lo que debemos deducir que el rubor apareció en un periodo reciente de nuestra larga evolución.
- Otros gestos que nos parecen tan naturales que los podemos creer innatos son en realidad aprendidos, tanto como las palabras del lenguaje que hablamos, sea cual sea. Ese parece ser

el caso del beso, aunque no cabe duda de que el placer que produce el contacto físico con el objeto del amor es instintivo, por lo que algo hay en el beso de biología.

- Con respecto a mover la cabeza de arriba abajo para afirmar, y de lado a lado para negar, la evidencia es dudosa, porque aunque estos gestos no son universales están demasiado extendidos como para que se haya llegado a ellos de forma independiente en tantas razas.

## El mono que reza

Darwin pensaba que el gesto de juntar las palmas de las manos y dirigir la mirada hacia arriba en la oración era totalmente cultural, y razonaba que no se conoce un gesto de devoción similar en culturas que no sean europeas (o sea, deduzco yo, de una religión que no sea la cristiana).

Y no solo se basaba en ese argumento, sino que se interesó por saber si ese gesto que usan los europeos para expresar devoción existía en la Roma clásica, y la respuesta que le dio «un excelente clásico» fue negativa. Al parecer, nadie juntaba las palmas de las manos y elevaba la vista al cielo en un templo de los dioses Juno, Júpiter o Saturno, por ejemplo.

Darwin le da crédito a otro autor de su época que afirmaba que el gesto de devoción cristiano viene de una postura de sometimiento que adoptaban los vencidos en las guerras de la Antigüedad: arrodillarse y ofrecer las manos para que se las aten. Además, los romanos utilizaban en latín la expresión *dare manus* con el significado de rendirse. No debe sorprendernos, reflexiona Darwin, que las expresiones de devoción sean todas aprendidas, si tenemos en cuenta que descendemos de antepasados no civilizados, de los que no cabe pensar que las usaran. Los simios no rezan, supongo yo que quería decir Darwin.

Sin embargo, aunque Darwin no se refiere a la postura arrodillada en el apartado de los signos de devoción, yo creo que merece la pena detenerse en ella porque el hacerse pequeño, encogerse, es una forma de sometimiento y aplacamiento que se puede encontrar en todas las especies de mamíferos sociales —incluidos los demás primates— para inhibir la agresividad del dominante, mientras

que el hacerse grande manifiesta fuerza y poder, es decir, jerarquía, y el mensaje que envía es de desafío.

El humilde se humilla, el arrogante se yergue, así que mientras que en el gesto de juntar las palmas de las manos y mirar al cielo para rezar parece haber más de cultura que de biología, en el acto de arrodillarse podría haber más de biología que de cultura al ser universal como signo de sometimiento tanto en nuestra especie como en otras muchas especies que viven en grupos. Y esto lo debía de saber también Darwin, porque entre las preguntas que incluyó en la encuesta dirigida a personas en contacto con *aborígenes* se incluía esta: «¿Cuando un hombre está indignado o desafiante mantiene su cuerpo y su cabeza erguidos, ensancha sus hombros y cierra sus puños?».

En resumen, para Darwin el estudio de la teoría de la expresión confirma que el ser humano deriva de una forma animal inferior y refuerza la creencia en que las diferentes razas pertenecen a una misma especie o subespecie. Para Darwin esa confirmación era muy necesaria. El estudio del origen de las expresiones faciales de las personas que nos rodean, y de los animales domésticos, es importante para el bienestar de la humanidad, y se le debe prestar aún más atención, especialmente por parte de los fisiólogos, concluye Darwin.

## Empiece a mirarse al espejo

En la cabeza tenemos muchos músculos, que podemos dividir en dos grupos. Unos son cutáneos y otros intervienen en la masticación, es decir, elevan la mandíbula y cierran la boca, o mueven de lado a lado la mandíbula para que la trituración del alimento sea más completa. Los de la masticación los dejaremos para el siguiente capítulo.

Los músculos cutáneos no van de un hueso a otro, es decir, no actúan sobre ninguna articulación, sino que se originan en un hueso, que es su punto fijo, y se insertan en la piel de la cara, sobre la que actúan produciendo movimientos y pliegues. Es decir, cuando se contraen acercan la inserción al punto fijo dando lugar a arrugas en la piel que podemos apreciar fácilmente. Estos son los músculos de la expresión facial, de la mímica, y son muy numerosos, tantos como veinte, más los tres músculos auriculares que mueven la oreja.

Voy a mencionar a continuación la mayoría de ellos, explicando

qué expresión producen cuando actúan solos, aunque, como es lógico, se combinan en la mayoría de los casos para producir expresiones más complejas.

Empezaré por el músculo llamado m. **occipitofrontal**, que forma una especie de casco en la parte más alta de la cabeza, sobre el cráneo y bajo el cuero cabelludo. Se compone de dos vientres occipitales (atrás, uno a cada lado) y de dos vientres frontales (delante, también uno a cada lado), que están conectados por una gran hoja tendinosa que se llama aponeurosis epicraneal. También se pueden considerar estos cuatro vientres como músculos independientes: dos músculos **frontales** y dos músculos **occipitales**.

Los dos vientres occipitales toman su origen en la línea superior de la nuca, que es la delgada cresta que atraviesa el hueso occipital de lado a lado.

Cuando se contraen los vientres frontales del músculo occipitofrontal se arruga la frente con pliegues transversales y se levantan las cejas. Es la expresión de atención, y cuando es más exagerado el movimiento, la expresión es de asombro. Mírese al espejo y asómbrese. ¿Ve cómo actúa el músculo occipitofrontal?

## Un rasgo inexplicado de los neandertales

Los neandertales tenían una depresión alargada horizontalmente y situada sobre la porción central de la línea nucal superior. Aunque es un carácter muy utilizado —casi infalible— para identificar un fósil como perteneciente a la línea de los neandertales nadie sabe para qué servía esa depresión, llamada por los paleontólogos «fosa suprainíaca», debido a que se encuentra por encima de un punto central del occipital conocido en antropología como «inión». ¿Dónde está ese punto de referencia que los antropólogos utilizan para tomar sus medidas craneales? Precisamente sobre la pequeña eminencia ósea que se llama protuberancia occipital externa y de la que hablé en su momento a propósito del ligamento nucal.

Los fósiles de la Sima de los Huesos no muestran la fosa suprainíaca de los neandertales como tal, es decir, como un surco horizontal. Pero hay un área aplanada y oval en la misma región que parece un antecedente de la fosa suprainíaca. Dicho en otras palabras,

primero apareció la superficie plana y luego se hundió para producir el surco horizontal.

La primera idea que se le viene a uno a la cabeza es que la fosa suprainíaca está relacionada con los músculos occipitales, pero no puede ser esa la causa de su existencia porque los músculos en cuestión ocupan una posición lateral, y no una central en el hueso occipital, que es la localización de la fosa. Y los dos músculos occipitales están separados uno de otro, mientras que la fosa suprainíaca es continua.

Entonces, ¿qué explicación funcional tiene la fosa suprainíaca de los neandertales? Podría ser que no tuviera función alguna, después de todo, y que hubiera surgido como una mutación neutra, sin ventajas ni inconvenientes, que se fue extendiendo por puro azar. También hay apellidos muy frecuentes en todos los países, que casi llegan a ser universales. Como Sánchez, Gómez, Fernández, Martínez, García, etc., en España. Y no se debe a que los que llevan esos apellidos sean más aptos en ningún sentido. Esta posibilidad, la de que un carácter sin valor funcional pueda llegar a fijarse en una población por puro azar hasta el punto de que acaben teniéndolo todos, se admite en biología evolutiva, y recibe el nombre de «deriva genética».

Pero gracias a la Sima de los Huesos sabemos que la fosa suprainíaca ha cambiado a lo largo del tiempo, porque ha pasado de ser una superficie convexa a hacerse plana y luego a hundirse, y esa evolución del rasgo parece indicar que la selección natural ejercía una presión favoreciendo a los portadores de esa característica, aunque no podamos imaginar cómo. Ni idea.

Ya le he explicado el problema y ahora sabe tanto como yo, así que tal vez a usted se le ocurra una solución. Se admiten ideas, como para las demás cuestiones que quedan abiertas en la anatomía humana, que en muchas cosas sigue siendo territorio desconocido.

## Los inexpresivos chimpancés

Entre los dos músculos frontales hay dos músculos pequeños llamados músculos **superciliares** o m. **corrugadores de la ceja**, que van desde los arcos superciliares hasta la piel de la ceja. Los arcos superciliares son dos engrosamientos del hueso frontal situados por encima de las

órbitas, y suelen estar más acentuados en los individuos masculinos, aunque en unas poblaciones están más desarrollados que en otras; por ejemplo, en poblaciones mongoloides, como los chinos y japoneses, y en las caucasoides, como las europeas, suelen marcarse menos.

Podríamos decir que los arcos superciliares representan lo poco que queda del antiguo *torus supraorbitalis* —o toro supraorbitario en castellano— de nuestros antepasados, incluidos los primeros *Homo sapiens*, que todavía lo conservaban. De aquel toro supraorbitario del *Homo erectus* han desaparecido la porción lateral y la porción intermedia, y solo ha quedado, cuando ha quedado, la más interna de cada lado, es decir, la más cercana a la nariz.

Pues bien, la contracción de los músculos superciliares acerca las cejas entre sí, arrugando el ceño con surcos verticales; es decir, frunciéndolo y produciendo una expresión de dolor. Por eso en latín el músculo se llama *corrugator supercilii*.

Darwin era una esponja que leía todo, y es asombroso que una persona pueda saber tanto como el sabio inglés de corales, fósiles de grandes mamíferos sudamericanos (que además descubrió él mismo), percebes, plantas y músculos de la cara. En su libro *La expresión de las emociones en el hombre y en los animales* demuestra estar muy informado, pero no por eso dejaba de investigar por su cuenta, empezando por sus propios hijos cuando eran pequeños. La ciencia es una actitud, una forma de habitar el mundo.

Un músculo al que le presta Darwin una especial atención es el m. superciliar, y le concede tanta importancia porque es precisamente el músculo que frunce el ceño. Para Darwin, en comparación con nosotros, los chimpancés y orangutanes son muy inexpresivos, y eso se lo atribuye a que no fruncen el ceño en ningún estado de ánimo, hasta donde Darwin podía saber, y declara que había prestado especial atención al asunto. Porque experimentando con un chimpancé y con un orangután no pudo apreciar que fruncieran el ceño, ni cuando se esforzaban para llegar hasta la comida que Darwin les ofrecía ni al enfadarse. Y cuando sacó a la luz a dos chimpancés que estaban en la oscuridad, en una situación en la que, dice Darwin, nosotros habríamos fruncido el ceño, los simios parpadeaban y guiñaban deslumbrados pero no fruncían el ceño como nosotros. Y la causa no puede ser que los chimpancés y orangutanes carezcan del músculo que frunce el ceño en nosotros, razona Darwin, porque hay constancia de

que lo tienen. Y cita aquí a Richard Owen, un gran zoólogo y paleontólogo de vertebrados, con quien Darwin tuvo una relación tormentosa.[3]

En efecto, los últimos estudios de anatomía comparada de primates demuestran que los chimpancés tienen el músculo superciliar,[4]así que definitivamente la ausencia de este músculo no es la causa de que no frunzan el ceño.

Pero sí que puede deberse la inexpresividad de los grandes simios, razona Darwin, a que tienen la zona superciliar desnuda, sin pelos, con lo que sus movimientos son menos conspicuos que los nuestros. ¡Es verdad y yo no me había fijado! Los chimpancés y los gorilas tienen un robusto toro supraorbitario, del que carecen los orangutanes, pero ninguno de los grandes simios tiene cejas como las nuestras, que son islas en la frente pobladas con pelos y rodeadas de piel desnuda. Y eso me lleva a preguntarme cuándo aparecieron las cejas en la evolución humana. Y si las tenían los neandertales o el *Homo erectus*. Otro problema para los paleoartistas, porque la pregunta es la de si la ceja sustituye al *torus*. Su función ahora es la de evitar que el sudor entre al ojo, pero, claro, ese problema no existía cuando teníamos un prominente reborde óseo donde ahora están las cejas. El toro supraorbitario cumpliría una doble función en nuestros antepasados, la de proteger los ojos de los golpes y del sudor. Ahora las cejas nos protegen solo del sudor, ¿pero desde cuándo existen? La próxima vez que vea una reconstrucción, en pintura o escultura, de una especie de hominino fósil fíjese en las cejas, a ver cómo ha resuelto el problema el paleoartista.

## Patas de gallo

Siguiendo con los músculos de la parte superior de la cara, alrededor de los ojos se dispone el músculo **orbicular**, que cierra los ojos. Es un músculo complejo con una porción orbitaria, que se dispone en torno a la órbita del cráneo; una porción palpebral, situada en los párpados, y otra porción lagrimal. La porción orbitaria se ocupa de cerrar con fuerza los párpados y es la responsable de que nos salgan con los años, cuando la piel pierde elasticidad, las arrugas conocidas popularmente como «patas de gallo». La porción palpebral produce el parpadeo,

mientras que la porción lacrimal tiene que ver con el saco lacrimal.

## Vidas de perros

Un estudio de 2019 de Juliane Kaminski y colaboradores[5] ha descubierto la existencia en los perros de un músculo que no existe en los lobos, y que se llama elevador del ángulo interno del ojo. Su efecto consiste en levantar la parte interna de las cejas, aumentando así el tamaño visible del ojo. El resultado se parece a la cara que ponemos los seres humanos cuando queremos dar pena, y que en inglés se conoce, precisamente, como «ojos de cachorrito» (*dog puppy eyes*). Es la misma cara que en español se llama «mirar con ojos de cordero degollado», y que se utiliza para conseguir algo.

Antes, en 2017, Kaminski y su equipo habían publicado que esos ojos de cachorrito solo los ponen los perros cuando hay un ser humano mirando, y no cuando se comunican entre ellos, lo que quiere decir que la cara de pena no es simplemente la expresión involuntaria e incontrolable de un estado de ánimo, sino que lo hacen para conquistar nuestros corazones. Repito que no ponen ojos de cachorrito los perros cuando están solos ni cuando hay otros perros delante, sino cuando tienen la atención de un ser humano. Y cuanta más atención les prestas, más ojos de cachorrito ponen y durante más tiempo.[6]

Todo esto hace pensar que el proceso de domesticación del lobo, que empezó hace unos 30.000 años, creó una presión de selección hacia los animales que mejor se comunicaban con nosotros, los que mejor manipulaban nuestros sentimientos, si quiere verlo así. Esos individuos fueron los que sobrevivieron y tuvieron hijos que heredaron esas capacidades de manipular a sus amos. Porque los ojos de cachorrito funcionan. De este modo hemos ido seleccionando en los perros, a través de la domesticación, un rasgo que podemos entender los humanos porque es también nuestro. Los humanos también ponemos ojos de cachorrito o de cordero degollado. Y funciona.

Se trata de un rasgo infantil, además, porque en gran medida la domesticación de los lobos para convertirlos en perros ha consistido en infantilizarlos. Este proceso de infantilización conduce a lo que en biología se llama pedomorfosis (en griego, «cuerpo de niño»), y se manifiesta tanto en el carácter como en el aspecto. Los perros no solo

parecen cachorros físicamente, sino que también se comportan como tales. Son simpáticos, inofensivos, dóciles y juguetones como niños toda la vida. Los gatos adultos, en cambio, no ponen ojos de cachorrito.

Los cachorros de todas las especies son encantadores, pero crecen y dejan de serlo. Los perros lo siguen siendo hasta que mueren.

Este mismo equipo científico ha presentado en el año 2022, en un congreso, los resultados de un estudio que revela que en los perros la proporción de fibras de contracción rápida en los músculos de la cara es superior a la proporción de fibras de contracción lenta, al revés que en los lobos, en los que predominan las fibras de contracción lenta en la cara. No es sorprendente por eso que los perros sean mucho más expresivos que los lobos. Tienen una mímica facial más desarrollada gracias a la abundancia de fibras de contracción rápida en los músculos de la cara. En los seres humanos también predominan las fibras de contracción rápida. Por ese motivo es difícil permanecer mucho rato con una sonrisa de oreja a oreja. Los músculos con predominio de fibras de contracción rápida, recuerde, son más explosivos que los de contracción lenta, pero menos resistentes.

Los lobos aúllan y los perros ladran, y a través de los ladridos nos hablan. Es asombroso cómo hemos conseguido crear por selección artificial un animal que se comunica tan bien con nosotros. Un animal tan humano.

## La fiera humana

Sobre la nariz hay un músculo par llamado m. **piramidal**, **prócer** o **procero** que se origina en los huesos nasales (o huesos propios de la nariz) y en los cartílagos laterales de la nariz, y forma un pliegue horizontal en el arranque de la nariz cuando estamos enfadados o tristes. Es decir, arruga la nariz.

A cada lado de la nariz se encuentra otro músculo, pequeño y rectangular, relacionado con la mímica de la amenaza llamado músculo **canino**, que va a parar a la comisura de los labios y se origina en una depresión del hueso maxilar que lleva el nombre de «fosa canina». Vamos a palpar ahora la fosa canina: es una concavidad que se encuentra entre el pómulo y la nariz, allí donde se hunde el

dedo. En realidad, la fosa canina contribuye a que el pómulo sobresalga. Lo curioso es que la fosa canina solo la tiene el *Homo sapiens*, y excepcionalmente un fósil del yacimiento de la Gran Dolina (Atapuerca) de la especie *Homo antecessor*, fechado en 900.000-800.000 años.

La contracción del músculo canino, también llamado m. **elevador del ángulo de la boca**, da a la cara una expresión fiera que recuerda a la de los animales cuando enseñan los caninos para amenazar. Cuando se combina con la acción del músculo piramidal, que arruga la nariz, la mueca se refuerza. Darwin escribió en *La expresión de las emociones en el hombre y en los animales* que esta expresión es una de las más curiosas que hay en nuestra especie y revela nuestro origen animal, a pesar de que nuestros caninos son pequeños comparados con los de los simios. Debemos sospechar, continúa Darwin, «que nuestros progenitores semihumanos descubrían el canino cuando se preparaban para la batalla, como todavía hacemos cuando nos sentimos enfurecidos, o cuando meramente despreciamos o desafiamos a alguien sin ninguna intención de atacarlo realmente con nuestros dientes».

Ahora es el momento de que trate de enseñar el canino delante del espejo usando el músculo canino o m. elevador del ángulo de la boca para poner cara agresiva o despreciativa. «Escupir por el colmillo (o por un colmillo)» es una expresión que se usa en castellano para referirse a la fanfarronería. Observará que se exageran los pliegues nasolabiales, que son unos surcos que van desde las aletas de la nariz a los ángulos de la boca, pliegues que se van marcando cuando envejecemos. Como pasa con el dolor de articulaciones, gracias a las arrugas y a los surcos vamos aprendiendo anatomía con los años. Se llama informalmente a estos pliegues «líneas de paréntesis» porque son verticales y están a cada lado de la cara, pero también líneas de la sonrisa o de la risa porque cuando sonreímos o nos reímos elevamos las comisuras de los labios. Por si no los ha localizado todavía, los pliegues nasolabiales separan la región del labio superior de las dos mejillas.

Dos músculos del grupo de la boca que se originan en el hueso maxilar son el m. **elevador común del labio superior y del ala nasal** y el m. **elevador del labio superior**. En cambio, el m. **depresor del labio inferior** y el m. **depresor del ángulo de la boca**

se originan en la mandíbula.

Alrededor de los labios hay un músculo con funciones de esfínter, llamado m. **orbicular de los labios**, que es responsable de los movimientos que adoptan estos cuando hablamos.

Las paredes de la cavidad bucal están formadas por otro músculo conocido, el m. **buccinador**, que expulsa el aire de la boca cuando se llena un globo o se toca la trompeta.

## Risa y llanto

El hueso que forma los pómulos se llama hueso cigomático o hueso malar, porque en anatomía humana la región malar es la del pómulo. Tóquese ahora el hueso cigomático, los pómulos. Si continúa repasando el hueso con el dedo hacia el lateral de la cara verá que se prolonga en el arco cigomático, que termina un poco por delante de la oreja, en el hueso temporal. Por lo tanto, el arco cigomático tiene dos partes que se unen entre sí por una sutura: la porción anterior pertenece al hueso cigomático y la posterior pertenece al hueso temporal. Recorra el arco cigomático con sus dedos. Si se recibe un golpe fuerte en el lateral de la cara se puede partir el hueso cigomático.

Toda esta anatomía del hueso y del arco cigomático es muy importante en relación con la masticación, así que en el próximo capítulo volveremos con ella, pero ahora estamos con los músculos de la mímica, y voy a hablar de dos que se llaman m. **cigomático mayor** y m. **cigomático menor**. Se originan en el borde inferior del hueso cigomático, es decir, en el pómulo. Los dos músculos cigomáticos tienen trayectorias paralelas y van a insertarse en los labios. Pero el cigomático mayor es más lateral y va a las comisuras, mientras que el menor es más interno y acaba en la parte media del labio superior. El resultado es que el cigomático mayor, al contraerse, eleva las comisuras y produce una expresión de alegría, y el cigomático menor, una de pena, por lo que se llaman el músculo de la risa y el del llanto.

Hay un músculo superficial llamado m. **risorio**, que se encuentra en las mejillas y eleva la comisura de los labios. El nombre le viene de que participa en la formación de la sonrisa. Curiosamente, este músculo solo existe en la especie humana. Nuestros parientes más

cercanos, los chimpancés y bonobos, tienen variantes de este músculo, pero no son iguales.

En realidad no existen grandes diferencias en la musculatura de la cabeza entre los humanos y los grandes simios, pero no cabe duda de que sus expresiones no son las nuestras. No son humanos. Ahora, como siempre, es inevitable preguntarse qué cara le ponemos a los australopitecos. ¿Entenderíamos su mímica facial o se parecería a la de los chimpancés, que nos cuesta más trabajo interpretar? Yo creo que este sería el caso, y la práctica totalidad de los paleoartistas también los reconstruyen con expresiones de chimpancé.

¿Pero qué pasa con los neandertales y otras especies fósiles más cercanas a la nuestra que los australopitecos? ¿Expresarían asombro, desprecio, súplica, simpatía, complicidad, amor, recelo, frustración, miedo, preocupación, ira, odio, asco, etc., como nosotros? Uno estaría inclinado a decir que sí, porque ahora tenemos una gran opinión de los neandertales, y porque muchos de nosotros llevamos sus genes, pero el rigor científico nos obliga a ser prudentes, porque en lo que respecta al esqueleto de la cara, los neandertales, el *Homo erectus* y otras especies fósiles eran muy diferentes de los humanos actuales.

Para empezar, por encima de las órbitas exhibían el toro supraorbitario a partir de la adolescencia, porque los niños no lo tenían. Les sería imposible no verlo cuando se miraban a la cara unos a otros los adultos de estas especies fósiles, a los que les parecería completamente normal. Los primeros *Homo sapiens* también tenían un toro supraorbitario, pero se fue perdiendo con el paso del tiempo, y, como podemos ver en el espejo, apenas quedan ya vestigios en nuestras cejas, que no sobresalen. Por eso, a los neandertales los sorprendería mucho que nuestros antepasados no tuvieran un toro supraorbitario de adultos, como si fueran siempre niños y no hubieran pasado por la adolescencia.

Los chimpancés tienen gruesos toros supraorbitarios, sobre todo los machos, y lo mismo sucede en los gorilas. En cambio falta completamente en los orangutanes de los dos sexos. Curiosamente, en los ardipitecos, australopitecos y parántropos no hay un toro supraorbitario del tipo que hemos descrito. Es verdad que el borde superior de la órbita está muy engrosado y no es fino como el nuestro, sobre todo en *Sahelanthropus*, pero a estas especies fósiles les faltaba el surco que delimita el toro por detrás y lo separa del resto del hueso

frontal: el llamado «surco supratoral». La ausencia de este surco debería reflejarse en la anatomía externa también. Para mí, esta es una de las mejores pruebas de que los ardipitecos eran ya homininos, porque se parecen mucho en la región supraorbitaria a los australopitecos y parántropos.

## ¿Para qué sirven unas grandes narices?

Los seres humanos nos distinguimos en muchas cosas de las demás especies animales que pueblan el planeta. Esto no tiene nada de particular porque todas las especies son especiales, ya que todas están especializadas en su correspondiente nicho (no he podido resistirme a hacer este juego de palabras).

Pero cuando nos miramos unos a otros a la nariz, o nos ponemos delante del espejo, no encontramos parecido con ninguna otra especie viviente, porque solo nosotros tenemos un apéndice nasal tan proyectado, que sobresalga tanto en medio de la cara. No es que los demás mamíferos, o primates, no tengan nariz; claro que la tienen, pero no destaca. Cuando miramos de lado a nuestros parientes más cercanos, los grandes simios, caemos en la cuenta de que su nariz no rompe el perfil de la cara, sino que forma parte de él. Y como no conocemos ninguna especie que se parezca en la forma de la nariz a la nuestra, habrá que buscar una explicación que sea única para la especie humana.

¿Para qué sirve la nariz humana? ¿Por qué es tan especial? ¿Qué adaptación es esa? La cavidad nasal sirve para filtrar, calentar y humedecer el aire que ingresa en los pulmones, aparte de para oler. Está revestida por la mucosa nasal, que tiene una parte respiratoria y otra olfativa (o membrana pituitaria). Pero esas funciones se dan en todas las especies de mamíferos.

El apéndice nasal empezó a *despegarse* de la cara en *Homo habilis* y a partir de *Homo erectus* la nariz ya destaca claramente en la cara. Ahora es el momento de que se toque los huesos de la nariz y entienda los dos conceptos fundamentales: cómo se alejan del resto de la cara y su disposición, inclinados a un lado y a otro formando un tejadillo. Finalmente los cartílagos nasales prolongan los huesos nasales, y así se forma la prominencia nasal que vemos y palpamos.

Tal y como he redactado el párrafo anterior parece que han sido los huesos nasales los que se han movido en la evolución humana. ¿Pero no podría haber sido al revés? Si miramos de lado la cara de una persona y prolongamos el perfil de la nariz, ¿no nos imaginamos el perfil de la cara prognata de un chimpancé o de un australopiteco? Quizás haya sido el resto de la cara la que haya retrocedido, y la nariz se haya mantenido en su sitio para que la cámara nasal no se reduzca. En ciencia pensar al revés, de forma contraintuitiva, suele dar grandes resultados.

## El misterio de la cuña facial de los neandertales

Podemos dividir la cara en tres franjas o pisos horizontales: el orbitario (el de los ojos), el nasal (el de la nariz) y el subnasal (el de los labios superiores y los alveolos de los dientes). Pues bien, el cráneo de los neandertales tiene una característica que los hace únicos en la franja intermedia de la cara, la de la nariz. La abertura nasal se ha adelantado, de manera que vistos de lado los huesos nasales se disponen casi horizontalmente. Además, la abertura nasal es muy ancha. Ambas características juntas, puente nasal horizontal y amplia abertura nasal, nos hablan de cámaras nasales enormes en todos los sentidos.

El avance de la abertura nasal arrastra a los pómulos hacia delante, de manera que ya no miran de frente, sino oblicuamente, formando una cuña. Los senos maxilares también se expanden porque esa cuña facial no es sólida, sino que está rellena de aire. El resultado es una profunda cámara nasal, con una gran abertura al exterior y rodeada de hueso hueco. Por este motivo se ha pensado que se trata de una adaptación de los neandertales al clima frío y seco europeo, permitiendo caldear y humedecer mejor el aire que ingresa en los pulmones.

La explicación no es muy convincente, porque para empezar no todos los neandertales vivían en climas árticos. De hecho, la mayoría habitaban las regiones mediterráneas de Europa y Asia (Iberia, península itálica, Balcanes, Grecia, Crimea, Oriente Próximo).

También se ha dicho que la expansión de los senos maxilares habría servido para aislar térmicamente la arteria carótida, que pasa

por detrás de la cara, y de este modo evitar que se enfriara la sangre que oxigena el cerebro, pero esta también parece una explicación demasiado imaginativa y vuelve a insistir en un origen de los neandertales en un mundo ártico.

Y para rematar las cosas, hay tres fósiles anteriores a los neandertales con grandes aberturas nasales y caras enormemente hinchadas por el gran desarrollo de los senos maxilares y también de los senos frontales. Uno de ellos es europeo aunque mediterráneo (el cráneo de Petralona, en Grecia), pero los otros dos son africanos: el cráneo de Bodo en Etiopía y el de Kabwe en Zambia.

Los pueblos actuales que viven en latitudes altas, con ambientes fríos y secos, no tienen grandes aberturas nasales, ni una proyección nasal exagerada ni una extraordinaria neumatización facial, como saben los antropólogos físicos desde siempre. En otras palabras, las gentes del Gran Norte no son más neandertales en la forma de su cara que cualquier otro pueblo de la Tierra. La tienen plana y no en forma de cuña.

## Una explicación alternativa

Otra explicación que se ha ofrecido es de carácter biomecánico y no tiene absolutamente nada que ver con el frío ártico. Su autor es el israelí Yoel Rak.[7]Para entenderla tenemos que hacer un pequeño experimento mental. Imagine que sujeta un cráneo con las dos manos, lo pone con los dientes apoyados en el borde de una mesa y hace fuerza con las manos hacia abajo, como si quisiera morder la mesa con el cráneo. Más o menos eso es lo que pasa cuando se come, solo que *las manos* son los músculos masetero y temporal, de los que hablo en el próximo capítulo.

Si el cráneo tiene una cara vertical, es decir, si es el cráneo de un humano moderno, se producirá una compresión en la cara que podría hacer que colapsara, acercando los dientes a la frente, ya que actúan dos fuerzas que tienen la misma dirección vertical, pero sentidos contrarios. A fin de cuentas la cara es hueca, no de hueso sólido (¡nos pesaría mucho!). Pero afortunadamente tenemos una frente también vertical y las tensiones se separan por arriba (se disipan) y la cara no colapsa.

Pero imagínese ahora un cráneo con un cierto prognatismo, es decir, con los incisivos adelantados respecto de la frente, y además con la frente inclinada hacia atrás, huida, no vertical como la nuestra. Al morder fuertemente con los dientes anteriores se originará un par de fuerzas y la cara tenderá a rotar hacia arriba y fracturarse a la altura del borde superior de las órbitas; es decir, donde se encuentra el toro supraorbitario en gorilas y chimpancés.

Por eso, tal vez el toro supraorbitario tenga una función de refuerzo biomecánico en relación con la masticación (cuando se realiza con los dientes anteriores). Y también serviría para proteger los ojos de los golpes, como dirían los partidarios de que hay muchos rasgos en la anatomía humana que tienen que ver con la violencia.

Los neandertales tenían más prognatismo que nosotros y además sabemos por el desgaste que utilizaban mucho los incisivos y caninos, por lo que se generarían esfuerzos de compresión en sentido vertical, subiendo por los laterales de la abertura nasal hacia el toro supraorbitario. Además los neandertales tenían la frente más inclinada que la nuestra, por lo que disiparían peor las tensiones mecánicas ascendentes. Es posible que la solución biomecánica fuera la forma en cuña de la cara de los neandertales, la cual podría tener la función de disipar hacia los lados una parte de esas tensiones.

Yo creo que efectivamente los neandertales utilizaban mucho los dientes anteriores, pero para sujetar algo con ellos y tirar hacia delante con las manos, haciendo tracción. ¿Qué sería, concretamente, *ese algo*? Pienso que era carne. Los neandertales eran grandes carnívoros, para mí la especie más carnívora de la evolución humana, entre otras cosas porque tuvieron que adaptarse a vivir en ecosistemas estacionales, donde no había alimento vegetal para ellos la mayor parte del año.

El mejor ejemplo que se me ocurre se desarrolla en tres tiempos (imagine las viñetas de un cómic): i) sujetar un gran trozo de carne con los incisivos por un extremo; ii) tirar de ella con una mano (la izquierda, por ejemplo), y iii) cortar la carne así estirada usando el borde de una lasca de piedra sujeta con la otra mano (la derecha). Sabemos que los neandertales lo hacían así por las marcas que han quedado en las caras labiales de los dientes anteriores en forma de rayas producidas por el borde cortante del instrumento lítico. La dirección de las rayas indica que mayoritariamente eran diestros,

como las poblaciones actuales.

Según mi interpretación las tensiones que la forma en cuña de la cara de los neandertales disiparía no serían producidas solo por esfuerzos de compresión con dirección vertical, sino también por esfuerzos de tracción (estiramiento).

Estas características de las caras de los neandertales ya se encuentran en los fósiles de la Sima de los Huesos de Atapuerca, que están entre sus primeros antepasados. Fuera lo que fuera lo que hacían los neandertales con la boca, ya lo hacían antes los pobladores de Atapuerca. Y también se han encontrado las marcas del borde cortante de un instrumento de piedra en las caras labiales de los dientes anteriores de la Sima de los Huesos. Curiosamente, no se ven estas marcas apenas en otros fósiles, ni tampoco en los cazadores y recolectores de época histórica. Me parece claro por todo lo dicho que tiene que haber una relación entre carnivorismo y la forma de la cara.

## El mentón

No nos sorprende que nuestra mandíbula termine en punta, es decir que tengamos un mentón. Pero no lo tiene ningún otro mamífero y tampoco ninguna otra especie de la evolución humana, los neandertales incluidos. La sínfisis mandibular de los neandertales es de todas formas vertical, y por lo tanto la más parecida a la nuestra de todas las especies fósiles, porque en los ardipitecos, australopitecos, parántropos, *Homo habilis*, *H. erectus*, *H. naledi*, *H. floresiensis*, *H. antecessor*, es decir, en el resto de las especies, la sínfisis está inclinada hacia atrás, es huidiza. Por qué tenemos barbilla los humanos actuales es una pregunta difícil de contestar. ¿Qué función puede tener que no sea importante en las otras especies de homininos? Se han dado muchas explicaciones, lo que quiere decir que no lo sabemos. Aún.

## El cabello y la barba

Y ahora llegamos al que a mí me parece el problema más arduo de los paleoartistas que reconstruyen la evolución humana. El pelo. Los primeros homininos tendrían seguro pelo por todo el cuerpo, como el

resto de los primates. El pelo se iría perdiendo conforme fuera adquiriendo importancia la refrigeración corporal por medio del sudor, es decir, conforme fuéramos abandonando la oscuridad de la selva húmeda y adentrándonos por bosques menos densos. Por eso a los ardipitecos se los reconstruye totalmente recubiertos de pelo y a los australopitecos se los representa con menos pelo, concentrado sobre todo allí donde la radiación solar incide verticalmente al mediodía: la cabeza y los hombros. El proceso de *depilación artística* continúa con *Homo habilis*, y las reconstrucciones que se hacen habitualmente de *Homo erectus* y de los neandertales ya no tienen mucho más pelo que los humanos actuales.

Pero los simios no necesitan ir a la peluquería a cortarse el pelo de la cabeza, porque no les crece indefinidamente. Lo mismo sucede con la barba. Sin embargo, nosotros tenemos que ir a la peluquería y a la barbería, porque el pelo de la cabeza y de la cara nos crece indefinidamente. Afortunadamente tal cosa no sucede en el resto del cuerpo. Por eso tenemos tres nombres diferentes: pelo, cabello y barba.

Obviamente la barba es un carácter sexual secundario que aparece en la adolescencia en los hombres, ¿pero por qué tiene que crecer indefinidamente? El cabello lo tenemos los dos sexos, aunque se va perdiendo con la edad, sobre todo en los hombres, ¿pero por qué hay que cortárselo?

Cuando a las especies fósiles de la evolución humana se las consideraba muy primitivas se las representaba con pelo de simio por todo el cuerpo, y el aspecto lo decía todo sobre su inteligencia. La pérdida de pelo corporal está relacionada con la ecología, como he dicho antes, así que ya tenemos un criterio para el paleoarte. Pero ¿qué haremos con el cabello y la barba? Si le ponemos a un neandertal pelo de simio en la cabeza y en la cara, como se hacía antes, nos parecerá muy simiesco, pero si lo reconstruimos con cabello largo y barba poblada (en el caso de los hombres) nos parecerá muy humano. Tal es el poder de una imagen. Gran dilema.

Hay que buscarle por lo tanto una función al cabello y a la barba. Mi explicación es esta: sirve para comunicarse. Es una pizarra sobre la que escribir. El cabello y la barba han crecido para ser arreglados. ¿O no cambian los peinados y las barbas con las culturas, religiones, identidades, edades de la vida, modas y demás? Las mujeres y los

hombres por lo general se peinan de forma diferente. En el caso de la barba incluso se puede hacer desaparecer completamente este atributo sexual con el afeitado, y de hecho es lo más frecuente ahora, pero no hace unas pocas generaciones. Para mí, no hay ninguna diferencia entre arreglarse el cabello y la barba y otras modificaciones del cuerpo que practicamos habitualmente, como pintarnos los labios y las uñas, y no digamos tatuarnos. En la misma categoría incluyo los objetos que *in-corporamos* (a los que hacemos parte de nuestro cuerpo): anillos en los dedos, pulseras y tobilleras, collares y pendientes. Y ya puestos, ¿por qué no meter en el mismo saco también las gafas, sombreros, guantes, calzado y ropa en general? Pasan a formar parte de nuestro cuerpo y su función no es solo la de cubrirnos, abrigarnos y calzarnos, sino que nos expresamos a través de todos esos objetos.

Así pues, el cabello y la barba están, según mi criterio, relacionados con la aparición de una mente simbólica, es decir, con el lenguaje articulado. Tengan pues cuidado los paleoartistas que les ponen peinados a las especies fósiles, o pinturas en el cuerpo, o tatuajes. Y no digamos plumas en el pelo y objetos de adorno. Están diciendo que hablaban como nosotros. Ni más ni menos.

Vista frontal de cráneo. *Gray's Anatomy*.

# A COMER

*Voy a solicitarle en este capítulo muy breve que haga algo que le gusta: comer. Pero le voy a pedir que lo haga tocándose los músculos que cierran la boca y la articulación de la mandíbula. No hace falta que sea comida de verdad. Vale cualquier objeto consistente, como un chicle o su propio dedo.*

## El aparato masticador

Para asimilar bien el alimento hay que masticarlo mucho, y de eso se encargan cuatro músculos, de los cuales solo dos son subcutáneos y se marcan en el exterior: el m. **masetero** y el m. **temporal**. En estos dos nos vamos a detener por la sencilla razón de que han sido muy importantes en la evolución humana.

Pero antes me gustaría recordar que la boca también es una palanca, porque funciona como una pinza. Exactamente igual. Como ya sabemos, una pinza no es otra cosa que una palanca de tercer género, es decir, una máquina simple. Por eso hablamos de la boca en términos mecanicistas, y utilizamos la expresión «aparato masticador», como en su momento usábamos la de «aparato locomotor». Para los mecanicistas de la revolución científica del Barroco todo es una máquina, empezando por el cosmos y terminando con el cuerpo humano.

Pensemos en cuando sujetamos algún objeto con los dientes de delante: los incisivos (dos a cada lado, arriba y abajo) y los caninos (uno a cada lado, arriba y abajo). La articulación de la pinza bucal se produce entre el cóndilo de la mandíbula y la fosa glenoidea del hueso temporal, que está situada en la base del cráneo. Ahí es donde está el punto de giro, el fulcro. El conjunto se conoce como articulación temporomandibular o ATM, unas siglas muy usadas en medicina y antropología. Naturalmente, hay una articulación a cada lado. Por cierto, la palabra «glenoidea» debería sonarle, porque en la cavidad

glenoidea de la escápula es donde se articula la cabeza del húmero. Se llama así a las articulaciones poco profundas.

Ya está dicho en páginas anteriores que la ATM está delante del oído y usted la puede notar perfectamente abriendo y cerrando la boca, así como moviendo la mandíbula de lado a lado para palpar los cóndilos articulares de la mandíbula (poniendo un pulgar en cada uno de ellos). Este ejercicio lo puede hacer todo el mundo. Anímese, que en este libro lo divertido es tocarse y conocerse. Como la articulación de la mandíbula con el cráneo se produce por medio de dos cóndilos (uno a cada lado) pertenece al tipo de las articulaciones llamadas «bicondíleas». Ya hemos visto otros dos tipos de articulaciones bicondíleas: la que forma el cráneo con la primera vértebra cervical (llamada atlas) y la que forman los cóndilos del fémur con los cóndilos de la tibia. Pero los dos cóndilos del fémur están muy juntos, por lo que la articulación de la rodilla también se puede considerar una articulación de tipo tróclea o bisagra un tanto especial.

Sigamos con la boca. El brazo de la resistencia es la distancia entre la ATM y el lugar donde se encuentra el alimento que queremos masticar. Cuanto más atrás se encuentre la comida, más pequeño será el brazo de la resistencia porque la distancia hasta la ATM es menor. Usted lo sabe instintivamente, porque muerde una manzana, que es una fruta blanda, con los dientes de delante, pero cuanto más duro es el alimento más atrás lo lleva en la boca. Un fruto con cáscara se lo coloca en las muelas, atrás del todo. Una avellana podría ser un buen ejemplo. Y supongo que hace lo mismo con el turrón de Alicante, el que llamamos «el duro». Su instinto le dice que reduzca el brazo de la resistencia, la distancia hasta la articulación, aunque no sepa nada de biomecánica.

El brazo de la potencia es siempre el mismo: la distancia entre los músculos masetero y temporal y la ATM, y no podemos hacer que se alargue porque los músculos tienen un punto de origen y un punto de inserción fijos. Sin embargo, la longitud del brazo de la resistencia solo depende de dónde pongamos el alimento, y podemos hacer que se acorte. Y ahora es el momento de que hablemos de músculos y de que nos los toquemos.

El músculo temporal se origina en las paredes del cráneo (huesos parietal, temporal, frontal y esfenoides), desciende por dentro del arco cigomático (que es, recuerde, esa barra de hueso que se puede usted tocar a los lados de las sienes) y se inserta en la rama de la mandíbula, por delante del cóndilo articular. Ahí tiene la mandíbula una proyección que se llama apófisis coronoides. Yo torturo a mis alumnos en el examen con esta pregunta: «¿Dónde se inserta el músculo temporal?». En la apófisis coronoides de la rama de la mandíbula.

El músculo temporal no es, en realidad, un músculo de la cara, a pesar de que tiene la función de elevar la mandíbula y cerrar la boca. Ocupa un amplio espacio lateral del cráneo que procede de una de las fosas craneales de nuestros antepasados *reptilianos*. Las fosas eran grandes ventanas que se fueron abriendo en el cráneo, por detrás del ojo, para alojar el músculo temporal y que pudiera contraerse y abultarse. A estas ventanas se las llama técnicamente «fenestras», que significa lo mismo, pero en latín. Las fenestras se utilizan para distinguir a los antepasados de los mamíferos (con una única fenestra, y en posición inferior) de los antepasados de las aves, cocodrilos, lagartos/serpientes (con dos fenestras) y tortugas (sin fenestras).

Así que para un paleontólogo de vertebrados la fosa temporal es muy importante y yo la he explicado en clase cuando hablaba de la evolución de los vertebrados terrestres, y más concretamente de los amniotas, es decir, de aquellos tetrápodos que tienen un huevo con cáscara dura o bien una placenta o un marsupio. Los vertebrados amniotas son los grandes conquistadores de la tierra firme, porque gracias a los huevos con cáscara dura y porosa fueron capaces de desligarse definitivamente del medio acuático, al que no necesitan volver ni siquiera durante las etapas iniciales del desarrollo, como tienen que hacer los anfibios. La placenta y el marsupio aparecieron más tarde, pero todavía hay mamíferos, los ornitorrincos (de Australia y Tasmania) y los equidnas (de Australia y Nueva Guinea), que ponen huevos.

La línea evolutiva que conduce a los mamíferos se separó de los demás amniotas hace 320 millones de años. Ya ha llovido.

## ¡Muerda con las muelas (pero con cuidado)!

Ahora póngase un objeto grande y con cierta consistencia en las muelas de un lado de la boca y muerda con fuerza (pero tenga cuidado, no quiero ser responsable de un desastre). Verá como se contrae y se hincha el músculo temporal de ese lado a la altura de la sien.

En la especie humana actual el músculo temporal no es demasiado potente y por eso el arco cigomático no está apenas curvado. Pero en los australopitecos las muelas eran más grandes que las nuestras, pese a que el tamaño de los individuos era mucho menor (era, recuerde, como el de un chimpancé). Eso quiere decir que tenían mucho que masticar, y no era carne, sino productos vegetales consistentes y a la vez abrasivos, que consumían en grandes cantidades, como nueces y granos. Se dice por ello que los australopitecos eran megadontos: mismo peso que los chimpancés pero muelas más grandes.

Hay plantas que esconden bajo tierra sus reservas de hidratos de carbono (la fécula): piense en una patata, en una cebolla, en una zanahoria o en el jengibre, que aunque sean plantas cultivadas pertenecen a esta categoría. En la clasificación de los biotipos vegetales se llama geófito a una planta que pasa la estación desfavorable bajo tierra en forma de bulbo, tubérculo, raíz engrosada o tallo subterráneo (rizoma).

Estos órganos subterráneos les sirven a los geófitos para sobrevivir durante los malos tiempos y por eso los tienen muy profundos, para evitar que se los puedan comer los animales, que siempre tienen mucha hambre. De hecho, son imposibles de alcanzar para un primate, salvo que sepa cavar con un palo aguzado, y ninguno lo hace fuera de la especie humana. Se discute si los australopitecos tenían la fuerza, la habilidad y la inteligencia necesarias para alimentarse de geófitos usando palos de cavar. No es seguro, ni mucho menos. Un niño pequeño tampoco puede desenterrarlos porque excavar no es fácil si la tierra está dura. Lo habrá comprobado al clavar la sombrilla de la playa. No es una tarea que se le encomiende a una criatura.

Realmente me gustaría saber si lo hacían australopitecos como Lucy, que medía solo un metro, la estatura de un niño de cuatro años. Pero Lucy era una hembra pequeña, y la mayoría de las hembras de su especie era más grandes que ella. Los machos todavía eran más

corpulentos y podrían llegar al metro cincuenta o más. Yo no veo grandes problemas para que los australopitecos cavaran, ni de orden cognitivo ni en cuanto a habilidad o fuerza, al menos en el caso de los individuos más grandes. Ahora bien, para aguzar un palo hace falta sacarle punta con una lasca cortante de piedra y no tenemos registro arqueológico de esas lascas asociadas a los australopitecos.

Sin embargo, recuerdo que cuando éramos niños hacíamos flechas y les sacábamos punta frotando el extremo del palo contra una piedra, es decir, solo por fricción. Pero no se consigue el mismo resultado que usando una lasca de piedra para sacarle punta al palo y endureciendo luego la punta al fuego, como por ejemplo hacían los aborígenes australianos y hacen los hadzas todavía. Por todo esto yo me inclino a pensar que el palo de cavar es posterior a los australopitecos, y la explotación sistemática de geófitos también. Así que si yo fuera paleoartista no representaría a los australopitecos y parántropos cavando con palos para obtener alimento, pese a que siempre se dice, de carrerilla, que estos homininos se alimentaban de bayas, nueces y raíces. Aunque lo cierto es que no recuerdo ninguna recreación de australopitecos cavando con palos acabados en punta.

Es importante ahora decir que los australopitecos no habían renunciado a comer los frutos carnosos que ofrecen los árboles del bosque tropical, o las bayas del sotobosque, sino que habían ampliado su espectro alimenticio. Ya no eran solo habitantes de la selva lluviosa, sino que también frecuentaban la sabana arbolada y el matorral. Las praderas les seguían estando vetadas salvo como zona de tránsito entre manchas de matorral o de bosque.

## Un gran truco

Los parántropos, descendientes de los australopitecos, desarrollaron al máximo la parte posterior de la dentición, es decir, las muelas (premolares y molares) y redujeron al mínimo la dentición anterior, o sea, los dientes (incisivos) y caninos. No cabe duda de que en su dieta era importante triturar grandes cantidades de alimento. Si los australopitecos ya eran megadontos, los parántropos se hicieron hipermegadontos.

Los músculos temporales de los parántropos se desarrollaron

enormemente y necesitaban mucha superficie de hueso para insertarse, más todavía que en los australopitecos. El cerebro de los parántropos era más grande que el de los chimpancés, pero mucho más pequeño que el humano actual, por lo que las paredes del cráneo no les bastaban para dar anclaje a ese gran músculo temporal, que tenía luego que descender por dentro del arco cigomático para insertarse en la apófisis coronoides de la mandíbula. Así pues, en los machos, que eran más grandes que las hembras y necesitaban comer más, se desarrollaron crestas sagitales (en todo lo alto de la caja craneal, dispuestas de delante atrás) y crestas nucales (de lado a lado, atravesando el hueso occipital), como por cierto sucede con los gorilas y los orangutanes machos. En los chimpancés machos estas crestas sagitales y nucales no existen o son poco visibles.

Además, el arco cigomático de los parántropos estaba muy curvado porque pasaba por dentro un músculo temporal muy grueso, con muchas fibras y una sección transversal muy grande. La potencia de un músculo no depende en absoluto de su longitud, sino de su sección: cuanto más grueso sea transversalmente, más fibras musculares contiene. Si ahora se toca sus dos arcos cigomáticos verá que son rectos. Pues bien, los de los australopitecos, y sobre todo los de los parántropos, eran muy curvados, y sobresalían por los lados.

Los humanos actuales tenemos una gran caja craneal, porque nuestro cerebro se ha expandido, por lo que no nos hacen falta ya crestas para el músculo temporal. Nos basta y sobra con las paredes del cráneo. El cambio hacia un aparato masticador reducido y un cerebro ampliado se inició en el *Homo habilis*, pero este hominino era todavía muy semejante a los australopitecos. Fue en el *Homo erectus* cuando se produjo el acortamiento de la cara.

Y es que nosotros, los *Homo sapiens*, hemos recurrido a un truco biomecánico muy bueno. La cara ha retrocedido, con lo que las muelas se han acercado a la articulación de la mandíbula con el cráneo (la ATM). En otras palabras, se ha reducido el brazo de la resistencia, que en los australopitecos y los parántropos era un brazo muy largo. Por ese motivo nuestra muela más grande, con la que masticamos más, es la primera, la más adelantada de las tres muelas que tenemos, mientras que en los australopitecos y parántropos era la tercera muela, la del juicio, porque es la que está más cerca de la ATM.

## Mandíbulas apretadas

Nos toca ahora hablar del otro músculo elevador de la mandíbula, que es el m. masetero. Empecemos por el origen, que está en el borde inferior del arco cigomático. La inserción del músculo masetero está, claro, en la mandíbula, concretamente en el ángulo de la misma, es decir, en la región donde el cuerpo se une a la rama. Hay una porción superficial y gruesa del músculo masetero que viene de la parte anterior del arco cigomático y otra porción profunda que se origina en la parte posterior del arco cigomático. Las fibras de la porción superficial se dirigen hacia abajo y hacia atrás (es decir, son diagonales), mientras que las de la porción profunda son verticales.

De nuevo, puede introducirse un objeto grande y consistente en las muelas y morder con cierta fuerza (¡sin exagerar!). Verá cómo se contrae e hincha el masetero de ese lado. La contracción de los maseteros es muy visible en algunas personas cuando cierran con fuerza la mandíbula, aunque no estén comiendo. Refleja determinación, pero también rabia y agresividad, por lo que puede no resultar una expresión simpática en la interacción social. En el trato normal preferimos que nuestros interlocutores no aprieten mucho las mandíbulas, lo que indicaría enfado. El m. masetero, en resumen, además de cumplir una función biomecánica interviene en la expresión de las emociones.

A veces el músculo masetero se hipertrofia, es decir, adquiere un volumen excesivo que cambia el aspecto de la cara, haciéndola «cuadrada». La causa de esta hipertrofia puede ser el bruxismo, que consiste en apretar la mandíbula de una manera inconsciente, hasta hacer rechinar los dientes. El bruxismo nocturno, que se produce durante el sueño, no es raro y puede estar causado por el estrés que sufre esa persona. La hipertrofia del m. masetero se trata mecánicamente con una férula, y también inyectando bótox.

## Caras de plato

En paleoantropología se habla de la «placa infraorbitaria» para referirse a la lámina de hueso de forma aproximadamente rectangular que queda por debajo de cada órbita y a los lados de la abertura nasal.

Esta placa infraorbitaria está recorrida diagonalmente por una sutura que la divide en dos triángulos, el formado por el hueso maxilar y el formado por el hueso cigomático (el pómulo).

En los parántropos la placa infraorbitaria se adelantó mucho para aumentar el brazo de la potencia de los músculos maseteros, es decir, su distancia hasta la articulación de la mandíbula con el cráneo, que es el punto de giro de la palanca. El resultado del adelantamiento de los pómulos es que los parántropos llegaron a tener una cara cóncava o de plato, porque los pómulos estaban por delante de la nariz. La placa infraorbitaria era además muy grande, en anchura y altura, para dar asiento a unos grandes maseteros.

Y es que los parántropos (especialmente la especie *P. boisei*) tenían un enorme aparato masticador, con gran capacidad trituradora. Por eso los han llamado en la literatura periodística anglosajona «cascanueces» (*nutcrackers*). Pero más que partir cáscaras lo que hacían era moler el alimento. Muchos pueblos han utilizado a lo largo de la historia los molinos de mano para triturar granos, y a eso recuerda más la boca de un parántropo. O si quiere un ejemplo más cercano, piense en nuestro mortero o almirez.

## El hueso mariposa

Nos faltan dos músculos de los cuatro que mueven la mandíbula, y son el músculo **pterigoideo lateral** y el músculo **pterigoideo medial**. Producen movimientos laterales y de protrusión (avance) de la mandíbula, que son esenciales para una buena trituración del alimento. Se originan en un hueso impar del cráneo que se llama esfenoides. Este es un hueso complejo, difícil de describir con palabras, pero que tiene una forma general que recuerda vagamente a un murciélago o a una mariposa. Su nombre en griego hace alusión a su forma de «cuña», porque está como encajado en el centro del cráneo, rodeado de huesos. Las dos alas mayores del esfenoides, que son las que le dan la forma de mariposa, se articulan en la región de la sien con el hueso frontal, que es también impar, y con el parietal y el temporal de cada lado.

Pues bien, el hueso esfenoides es origen de los músculos pterigoideos lateral y medial, que van a la mandíbula. El pterigoideo

medial o interno se dirige en diagonal al ángulo de la mandíbula, pero por dentro, no por fuera como el masetero, de forma que no se puede palpar. Es un músculo que eleva la mandíbula pero también la desplaza de lado a lado (según se contraiga el derecho o el izquierdo). Repito que al ángulo de la mandíbula se dirigen diagonalmente un músculo por fuera (el masetero) y otro por dentro (el pterigoideo medial) o, dicho de otro modo, el ángulo de la mandíbula está entre dos potentes músculos.

Los que estudian a los neandertales conocen bien el pterigoideo medial porque en estos homininos se desarrolla un tubérculo o tuberosidad en su zona de inserción, en el ángulo interno de la mandíbula. No es exclusivo de los neandertales, pero en ellos se desarrolla mucho y está presente casi siempre. Los fósiles de la Sima de los Huesos, antepasados de los neandertales, lo presentan en la mitad de los casos. Es interesante que también se encuentra el citado tubérculo en la mandíbula de *Homo antecesor*.[1]Puede ser que esta especie definida en Atapuerca ya pertenezca a la línea de los neandertales, pero quizás se trate de un rasgo arcaico que permaneció en los neandertales.

Para terminar, el m. pterigoideo lateral o externo está formado por dos fascículos cortos de acción horizontal que se dirigen a la ATM y producen movimientos laterales y de protrusión de la mandíbula.

Y digo para terminar porque ya no van a aparecer más músculos en este libro. Lo que viene ahora es más blando: el cerebro.

Vista lateral del cráneo. *Gray's Anatomy.*

# LA CAJA DEL CEREBRO

*Póngase un dedo índice en cada uno de los dos oídos, el derecho y el izquierdo. Imagínese ahora que los dedos forman parte de un eje que atraviesa el cráneo y sale por los oídos. Imagínese que todo su cráneo se enrolla alrededor de ese eje, desde la barbilla hasta la nuca. Su cráneo es una esfera.*

## UNA VISITA

> Cuando vi por última vez a don Santiago Ramón y Cajal estaba confinado en la cama con un resfriado, vestido con jersey gris y gorro. El manuscrito de este libro, *¿Neuronismo o reticularismo? Las pruebas objetivas de la unidad anatómica de las células nerviosas*, descansaba en su regazo. Cuando entramos en la habitación Pío del Río Hortega y yo dejó la pluma con la que había estado escribiendo y nos recibió con una amable sonrisa. La pared al lado de su impaciente mano derecha estaba salpicada de tinta.
>
> El maestro estaba entonces en su octogésimo año, solo en su casa de Madrid porque la señora Cajal había fallecido. Se encontraba débil, y la sordera le cerraba puertas al mundo exterior. Pero dentro de él ardía el entusiasmo sin límites del explorador nato y sus ojos flameaban a través de sus pobladas cejas mientras hablaba.
>
> Fue un genio polifacético, un hombre que habría sido un líder en cualquier país, en cualquier tiempo.
>
> ¡Ramón y Cajal! Yo saludo *the pilgrim soul in you*, gran español, científico, profeta.

Quien escribe esto es Wilder Penfield, un gigante de la neurología, y el texto figura en la traducción inglesa del libro póstumo de Cajal, su testamento científico. La visita de Penfield a Cajal en su casa de la calle Alfonso XII de Madrid se produjo en el último año de la vida del sabio, 1934, pero la traducción del libro al inglés se demoró veinte años, de modo que, cuando en 1954 escribió su homenaje a Cajal relatando su encuentro, Wilder Penfield se encontraba en el apogeo de su brillantísima carrera científica.

No he traducido *the pilgrim soul in you* («el alma peregrina que hay en ti») porque es un verso muy famoso de William Butler Yeats,

que forma parte de un poema titulado precisamente «When You Are Old» («Cuando envejeces»).

Santiago Ramón y Cajal fue el descubridor de la neurona, lo que puede considerarse uno de los mayores avances científicos de todas las épocas, comparable a los de Copérnico, Galileo, Newton o Einstein. La casa de Madrid en la que se realizó la visita de Penfield a Cajal ha sido recientemente destruida (vaciada por completo, que es lo mismo) para hacer pisos de lujo, sin que ninguna autoridad haya atendido mis ruegos de que se conservara y se hiciera con ella algo acorde a su importancia cultural y científica.

Pero traigo aquí este texto para hablar de Penfield, y no de su admirado Cajal. Penfield ya ha aparecido antes a propósito del libro *¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas?* (1968), de Philip K. Dick. Esta novela de ciencia ficción sirvió de inspiración para la película *Blade Runner*, dirigida por Ridley Scott en 1982. En la novela, expliqué, los seres humanos utilizan el *Penfield mood organ* (o aparato de Penfield para los estados de ánimo) con el fin de manejar sus propias emociones activando determinadas áreas del cerebro.

## El homúnculo

Penfield era un neurocirujano americano (luego nacionalizado canadiense porque fue en este país donde desarrolló su carrera) que estimulaba eléctricamente el cerebro antes de operar a los pacientes de epilepsia. La operación consistía en resecar una parte del cerebro y lo que trataba de hacer Penfield era localizar con la máxima precisión posible el foco epiléptico para dañar mínimamente el tejido no afectado.

Así descubrió Penfield que por electroestimulación podía despertar en los pacientes recuerdos largo tiempo dormidos y completamente olvidados, porque los recuerdos seguían ahí, almacenados en algún lugar de la corteza cerebral, y se los podía recuperar. Los pacientes le contaban luego que los recuerdos electroestimulados eran más vívidos (en riqueza de imágenes, sonidos y hasta olores) que la propia vida real.

Hoy en día se piensa que Penfield se equivocaba por completo, porque los recuerdos y las emociones asociadas a ellos no se

encuentran en lugares concretos de la corteza cerebral. Es decir, no hay una localización específica en la topografía del cerebro para cada recuerdo, como si estuviera aislado. Los recuerdos se corresponden en el cerebro con redes de neuronas que se activan juntas. Estimulando un punto en particular de la corteza no se puede evocar un recuerdo que allí permanece guardado, aunque se haya olvidado. En realidad, cuando Penfield estimulaba eléctricamente la corteza cerebral no estaba evocando historias viejas, sino creando nuevas historias, alucinaciones, de hecho, que por eso le aparecían tan nítidas al paciente.

En todo caso, aquel neurocirujano que a los cuarenta y tres años (en 1934) visitó a Cajal en su casa de Madrid se había convertido en los años cincuenta y sesenta del siglo pasado en un científico muy famoso. Parecía que Penfield estaba descubriendo los secretos del funcionamiento de la mente humana, y por eso aparece en la novela futurista de Philip K. Dick, que era un escritor informado de los avances de la ciencia.

El *Penfield mood organ* nunca existió porque con sus técnicas de estimulación eléctrica Penfield no podía manejar a su antojo las emociones, pero a cambio fue capaz de realizar una cartografía funcional muy precisa de la corteza cerebral. Como los pacientes no estaban anestesiados cuando los intervenía (el cerebro no duele) les podía preguntar qué ocurría cuando actuaba sobre una zona u otra del cerebro.

Este es un libro de anatomía humana, y por eso quiero hablar de un *hombrecillo* (un homúnculo) que descubrió Penfield en la corteza cerebral, donde resulta que el cuerpo humano, el propio, no está representado tal y como lo vemos, sino deformado, con unas partes del cuerpo exageradas y otras muy disminuidas. La anatomía física del cuerpo humano no es la anatomía percibida en el cerebro. Usted no se siente tal y como se ve reflejado en el espejo.

Penfield, con su cartografía de detalle, observó que a un lado y a otro de cierto surco muy importante del cerebro, llamado surco central o cisura de Rolando, pasaban cosas muy interesantes cuando se estimulaba eléctricamente la corteza. Al lado situado por detrás de la cisura de Rolando llegaban las sensaciones procedentes del cuerpo, y del lado situado por delante de la cisura de Rolando partían las órdenes que movían las diferentes partes del mismo. Como la cisura

de Rolando separa —en los dos hemisferios— el lóbulo frontal del cerebro del lóbulo parietal, la corteza cerebral motora pertenece al lóbulo frontal y la corteza cerebral sensitiva, al lóbulo parietal. Dicho más técnicamente, la corteza motora está en un pliegue del cerebro llamado circunvolución precentral o prerrolándica, y la corteza sensitiva, en la circunvolución poscentral o posrolándica.

En la representación topográfica del cuerpo que hay en esas dos cortezas, la sensitiva y la motora, unas partes ocupan una superficie mayor que otras. La proporción depende, en el caso de la corteza sensitiva, del número de terminaciones sensitivas existentes en cada parte del cuerpo, porque son las neuronas periféricas las que informan al cerebro. Y en la corteza motora la representación de las partes del cuerpo depende de la precisión con la que haya que mover los músculos existentes en una región determinada, porque de la corteza motora parten los impulsos nerviosos que mandan contraerse a esos músculos. Partes del cuerpo con poca sensibilidad y poca movilidad ocupan una superficie proporcionalmente pequeña de las áreas sensitivas y motoras de la corteza cerebral. Y al revés, las zonas más sensibles del cuerpo y las que requieren un control muscular más fino ocupan una zona relativamente mayor.

Si representamos las diferentes partes del cuerpo en relación con el tamaño del área que ocupan en las cortezas cerebrales sensitiva y motora, la imagen del cuerpo que resulta es muy diferente de la real, la que vemos con los ojos, porque no se mantienen las proporciones. Sin embargo se corresponde fielmente con el cuerpo que sentimos, porque no tenemos la misma sensibilidad en todo nuestro cuerpo.

Esa imagen deformada, monstruosa, del cuerpo humano es lo que conocemos como homúnculos sensitivo y motor, y se hicieron muy populares. No deja de tener gracia la idea de que dentro de nuestro cerebro esté representado nuestro cuerpo en dos bandas verticales a cada lado de la cisura central, y en cada uno de los dos hemisferios. El hombrecillo en cuestión está cabeza abajo y solo tiene una mano y un pie. En el hemisferio izquierdo son la mano y el pie derechos los que se sienten y mueven, y en el hemisferio derecho, la mano y el pie izquierdos; es decir, que están cambiados de lado. El pie, por cierto, se mete en la cisura interhemisférica, la que divide el cerebro en dos hemisferios, uno derecho y otro izquierdo. Por supuesto que investigaciones posteriores han matizado y cambiado en parte la idea

original de Wilder Penfield, como siempre sucede en la ciencia, pero es tan divertido esto del homúnculo que voy a seguir hablando de él.

Los homúnculos sensitivo y motor tienen mucho en común, aunque no sean exactamente iguales. Las manos son enormes en ambos, y los pies mucho más pequeños en comparación. Supongo que se lo esperaba, porque nuestras manos son el instrumento principal del cuerpo, nuestro órgano manipulador. Por eso las manos son todavía más grandes, gigantescas, en el homúnculo motor que en el sensitivo. La parte del homúnculo que más destaca, después de las manos, es la cabeza, con unos labios y una lengua muy exagerados. No le sorprenderá tampoco esta noticia, porque hablamos (y besamos) con la boca.

## La herramienta que fabrica herramientas

Hubo un debate muy interesante para un estudioso de la evolución humana que tuvo lugar entre los filósofos griegos Anaxágoras y Aristóteles. El primero dice que el hombre es el animal más inteligente por tener manos, y el segundo, que ha recibido las manos por ser el más inteligente. Porque la naturaleza, opina Aristóteles, solo da herramientas a quien puede usarlas, y las manos son la mejor de las herramientas, ya que permiten fabricar otras herramientas. La mano es un órgano del cuerpo, y precisamente *órganon* es la voz griega para designar «herramienta».

Entonces, a la luz de la paleontología, ¿quién tenía razón? La postura de Anaxágoras podría resumirse así: las manos humanas son anteriores al cerebro humano. Y la de Aristóteles sería la tesis contraria: el cerebro humano precede a la mano humana.

De este modo razona Aristóteles, y es una maravilla leerlo:

> Pero los que dicen que el hombre no está bien constituido, sino que es el más imperfecto de los animales (pues afirman que está descalzo, desnudo y no tiene armas para el ataque), no tienen razón. Los otros animales tienen un único medio de defensa, y no les es posible cambiarlo por otro, sino que es preciso que duerman y lo hagan todo, por así decirlo, calzados, y no pueden quitarse nunca la armadura que llevan alrededor del cuerpo, ni cambiar el arma que les tocó en suerte. Al hombre, en cambio, le correspondió tener muchos medios de defensa, y le es posible cambiarlos y aun tener el arma que quiera y cuando quiera. La mano, entonces, se convierte en garra, pinza, cuerno y también lanza, espada y cualquier otra arma y herramienta, pues es

todo esto por poder coger y sostenerlo todo.

No cabe duda de que Aristóteles tiene razón en lo que se refiere a la capacidad de la mano para fabricar herramientas bajo el control de la mente, pero no parece que los australopitecos fueran más inteligentes que los actuales chimpancés, que aunque son capaces de fabricar herramientas tienen la dificultad de que su mano como órgano de manipulación deja mucho que desear; por eso, dije en su momento, no podrían tallar la piedra aunque quisieran, o eso me parece a mí. El australopiteco no tenía ese problema, porque su mano no estaba hecha para colgarse de ella como la de los simios, ni para sostener el cuerpo en la marcha cuadrúpeda. Pero aquí también interviene el pie, que parece que se modificó al mismo tiempo que la mano. Los ardipitecos no tenían manos ni pies como los nuestros, pero los australopitecos sí. Como no pasó mucho tiempo desde que vivió Ardi hasta que lo hicieron los australopitecos, todo apunta a que los dos cambios se produjeron de forma simultánea, o casi a la vez. Sin embargo las herramientas de piedra llegaron más tarde, por lo menos un millón de años más tarde.

Es decir, me parece que, por lo que sabemos hoy, Aristóteles estaba equivocado y Anaxágoras tenía más razón. Digo esto porque los australopitecos no eran mucho más inteligentes que sus antepasados y que los actuales chimpancés, pero sus manos ya eran como las nuestras. La mano, en resumen, parece preceder al cerebro.

He hablado de todos estos temas en las páginas anteriores del libro y no quiero volver sobre ellos, pero es curioso que el debate entre dos filósofos de la Grecia clásica siga vigente en nuestros días. Los paleontólogos de las nuevas generaciones, como me gusta decirles a los alumnos, tienen grandes problemas que resolver. Si les gusta trabajar no se van a aburrir. Pero tendrán que ir al campo a por nuevos fósiles, porque los que tenemos ahora no son suficientes.

## Los ordenadores no tienen mente, los pulpos sí

Una característica exclusiva del sistema nervioso central de los mamíferos es que tienen un tipo de corteza especial que se llama neocórtex o neocorteza. Los dos homúnculos cerebrales pertenecen al neocórtex, porque casi toda la corteza de nuestros dos hemisferios

cerebrales es neocorteza, como pasa con los grandes simios y en general con los primates superiores. No ocurre así en la mayoría de los mamíferos, en los que la parte de la corteza cerebral relacionada con el olfato, llamada paleocórtex, es la que ocupa mayor espacio en los hemisferios cerebrales, estando separada de la neocorteza por un surco visible en el cerebro.

Así pues, la mayoría de los mamíferos conocen el mundo sobre todo a través del sentido del olfato, mientras que los primates superiores tenemos una rica representación táctil, visual y acústica de lo que nos rodea. La información relativa a los olores llega directamente a la corteza olfativa en el cerebro, pero los impulsos nerviosos que proceden de la piel, los ojos y los oídos no llegan directamente a la neocorteza, sino que hacen escala en un órgano muy importante situado en el interior del cerebro que se llama «tálamo» y funciona como una estación central.

Aunque los vertebrados que no son mamíferos (como un águila, un cocodrilo, una tortuga, una rana, un atún o un tiburón) sienten y padecen, como suele decirse, no cabe duda de que la ausencia completa de neocórtex en sus cerebros los hace muy diferentes. Sus mentes, cuya existencia no pongo en duda, no pueden ser como las de los mamíferos, aunque hay algunas aves (cuervos y loros sobre todo) que muestran una inteligencia y memoria tan asombrosas que llegan a compararse con las de los simios.

Entiendo por «mente» la capacidad de crear una representación, una réplica, del mundo exterior en el interior del cuerpo, y es probable que esa capacidad también la tengan muchos invertebrados, en particular los artrópodos (como los insectos) y los pulpos y sepias entre los moluscos.

Por decirlo de otra manera, los animales que tienen mente (como nosotros) solo conocen del mundo exterior la representación interna, y por lo tanto subjetiva, que sus neuronas crean, no ven el mundo directamente como es.

Los ordenadores, en cambio, albergan un conjunto de algoritmos, unas secuencias de instrucciones para procesar la información, unos programas, pero no tienen un modelo de lo que hay fuera de la máquina. Por eso los ordenadores carecen de subjetividad, no tienen una mirada *personal* del mundo.

Pero sigamos con el neocórtex de los seres humanos, que todavía

nos quedan cosas importantes que mencionar.

Las bandas verticales, a un lado y otro de la cisura central, donde *tienen asiento* los homúnculos sensitivo y motor, son dos de las áreas primarias de la corteza. Las otras áreas primarias son la visual, en el lóbulo occipital, atrás del todo en el cerebro, y el área auditiva, que se sitúa en el lóbulo temporal. Este lóbulo está separado de los lóbulos frontal y parietal por un surco muy importante llamado cisura de Silvio. La mayor parte del área visual de la corteza se encuentra en la parte interior (o medial) de cada hemisferio, es decir, la que da al otro hemisferio. El hemisferio izquierdo recibe la información de la parte derecha del campo visual, y el hemisferio derecho, la de la parte izquierda del campo visual, porque los dos nervios ópticos se cruzan formando una X en un punto que se conoce como quiasma óptico, de manera que la mitad de las fibras de cada nervio óptico cambian de lado. El resultado es que la información registrada en la retina de un ojo va a parar al hemisferio opuesto.

Las áreas del cerebro que no son primarias se llaman áreas de asociación, y como su nombre indica realizan tareas menos específicas, más generales.

## Un cerebro de piedra

La corteza visual primaria es *proporcionalmente* mayor en los monos y en los simios que en los humanos, ocupa más espacio en el cerebro. La pregunta del millón es cómo sería la corteza visual en los australopitecos. Por supuesto el cerebro no se conserva, pero sí las impresiones de sus circunvoluciones en la cara interna del cráneo, que es la caja del cerebro. Estas impresiones están atenuadas porque el cerebro no está en contacto directo con el hueso, sino que se interponen las tres meninges. Con todo, algo se puede ver, o por lo menos intuir, de las circunvoluciones y cisuras que tenía el cerebro de un antepasado de hace millones de años.

El primer fósil de australopiteco que se descubrió fue una cría muerta en la edad del destete, el Niño de Taung, llamado así por el lugar del hallazgo, que tuvo lugar en 1924 en Sudáfrica, como ya sabemos. Se trataba de una cantera de travertino y los fósiles del yacimiento fueron recogidos por los trabajadores después de las

voladuras. El interior del cráneo se rellenó de sedimento fino de forma natural, que al endurecerse y petrificarse reprodujo los relieves internos del cráneo, es decir, el endocráneo. Fue una suerte, porque el cráneo original se perdió en gran parte. ¿Cómo saber qué extensión tenía la corteza visual? Es imposible hacerlo directamente en un fósil, pero se puede especular con cierta base. Veamos cómo. Resulta que en los simios el límite anterior de esta área visual coincide con un surco del cerebro llamado *sulcus lunatus*, que está más adelantado en los simios que en los humanos porque su corteza visual ocupa más espacio en términos relativos.

Ahora viene la tarea de localizar el *sulcus lunatus* en el cerebro de piedra del Niño de Taung y en el endocráneo de otros australopitecos descubiertos posteriormente. En un fósil que conservara todo el cráneo se rellenaba artificialmente el interior para obtener un resultado similar al del Niño de Taung, pero ahora se hace con ordenador a partir de imágenes obtenidas con un TAC.

Unos especialistas opinan que el *sulcus lunatus* está tan adelantado en los australopitecos como en los simios, y otros defienden que está retrasado como en los humanos. Todo depende de qué surco en particular de los que se insinúan en el fósil se identifique con el *sulcus lunatus*. Pero seguramente se encuentre adelantado, como dice Dean Falk.[1]Es decir, yo coincido con ella en que el cerebro de un australopiteco era estructuralmente como el de un simio, en el *sulcus lunatus* y en otros aspectos de su anatomía.

## La glándula de Descartes

Cuando examinamos un cráneo por dentro, vemos que hay tres fosas escalonadas sobre las que reposan el cerebro y el cerebelo. Sobre la fosa craneal anterior descansan los lóbulos frontales, y es la que está más alta de las tres. El mencionado quiasma óptico pertenece a esta fosa, y está situado por delante de una depresión llamada «silla turca del hueso esfenoides». En esta estructura ósea se aloja la glándula hipofisaria o glándula pituitaria, muy importante para la regulación del crecimiento y para el control hormonal del cuerpo. A veces se producen tumores benignos de hipófisis o adenomas que pueden presionar el quiasma óptico y producir reducción del campo visual.

Este es el síntoma que alerta del adenoma.

La fosa craneal media es para los lóbulos temporales, y la fosa craneal posterior es para el cerebelo, que está situado por debajo del lóbulo occipital del cerebro. No está de más recordar que lo que se contiene en el interior del cráneo es el cerebro, el cerebelo y el tallo o tronco encefálico, y que al conjunto se lo llama encéfalo. La llamada capacidad craneal de un fósil es, por lo tanto, el volumen de su encéfalo.

Descartes es un personaje central en este libro, y ya le anuncio que volverá a salir (para morir) en el epílogo, por lo que me parece oportuno hablar de una estructura muy pequeña del cerebro a la que el sabio francés daba una importancia capital. Se trata de la glándula pineal o epífisis, que produce la melatonina, una hormona cuya función es la de regular los periodos de sueño y vigilia (llamados «ciclos circadianos»). Descartes creía que era a través de la glándula pineal como el alma se comunicaba con el cuerpo, aunque solo en las personas, que según Descartes son los únicos seres vivos con mente que existen en este mundo. Ahora sabemos que estaba equivocado.

## Lo que nos hace humanos

Contiguas a las áreas corticales primarias que hemos mencionado se encuentran unas áreas corticales de asociación que están relacionadas con las funciones de las áreas primarias.

Pero hay en los hemisferios cerebrales otras áreas corticales de asociación que nos interesan mucho a los que estudiamos la evolución humana. En la parte más adelantada de los hemisferios, en el lóbulo frontal por lo tanto, se encuentra el área llamada «prefrontal», que tiene mucho que ver con lo que nosotros, los seres humanos, somos. En la corteza prefrontal está la base de nuestra capacidad de planificar a largo plazo, algo en lo que los animales están muy limitados. Hacer planes es imaginar un futuro deseable y factible, así como descartar los futuros deseables pero demasiado peligrosos y los futuros indeseables. Y luego hay que tener la voluntad de materializar los planes que hemos escogido y que a menudo suponen renunciar a un beneficio inmediato a cambio de obtener un premio mayor en el futuro. Todo esto reside en el área prefrontal del cerebro.

La corteza prefrontal también hace posible que podamos tener al mismo tiempo muchas ideas en la cabeza (mucha información activada) para jugar con ellas. Sin la corteza prefrontal la vida mental humana es posible, pero simple, plana y sin proyectos ni motivaciones. Lo sabemos bien, desgraciadamente, porque durante un tiempo fue práctica común la lobotomía frontal, es decir, la extirpación de parte de la corteza prefrontal del cerebro a los enfermos de depresión con ideas suicidas o a los pacientes que sufrían un dolor insoportable.

Vista desde fuera, nuestra frente es muy alta, lo que parece indicar que el lóbulo frontal en general, y el área prefrontal en particular, está muy desarrollado en nuestra especie. ¿Podría estar ahí la clave de nuestra inteligencia? ¿Habremos encontrado en la corteza prefrontal lo que nos hace humanos? No parece tan sencillo, porque los grandes simios no tienen menos corteza prefrontal que los seres humanos cuando se tiene en cuenta el tamaño de su cerebro. Dicho de otro modo, la corteza prefrontal no ha ido ganando superficie en la evolución humana en detrimento de otras partes del cerebro.

Ahora bien, seguramente sí hay diferencias en la *estructura interna* del área prefrontal entre los grandes simios y nosotros, pero esa información no es asequible al paleontólogo cuando estudia cráneos fósiles.

## Monsieur Tantan

Hay dos áreas corticales de asociación que están relacionadas con el lenguaje, por lo que merecen que les prestemos un poco de atención.

Una de ellas es el área llamada de Broca, que se encuentra en la tercera circunvolución del lóbulo frontal, generalmente en el lado izquierdo, a la altura de la sien. La otra es la llamada área de Wernicke, y pertenece al lóbulo temporal.

Paul Broca fue un famoso médico y antropólogo francés, que descubrió en el año 1861 que un daño en la parte de la corteza cerebral que ahora lleva su nombre producía dificultad a la hora de pronunciar palabras. Lo supo porque le hizo la autopsia a un hombre (monsieur Leborgne) que solo podía decir «tan-tan», aunque entendía todo lo que se le decía. Se trata por tanto de una afasia (incapacidad

de hablar) de carácter básicamente motor, no un problema de comprensión del lenguaje.

En cambio, la lesión en el área de Wernicke afecta a la capacidad para construir frases con sentido gramatical, no a la producción de los sonidos de las palabras.

Es difícil determinar si estas dos áreas existían en las especies fósiles, pero la de Broca se manifiesta en el cerebro en forma de un abultamiento que puede dejar su impronta en la pared interna del cráneo. Parece que el abultamiento existía en otras especies del género *Homo* que no son la nuestra, pero de ahí a decir que tenían un lenguaje articulado hay demasiada distancia.

Una característica de los hemisferios cerebrales de los primates superiores es que están muy replegados y presentan muchas circunvoluciones, siendo en los simios donde el relieve de la corteza es mayor. En los primates inferiores y en el resto de los mamíferos el relieve es mucho más pequeño y la corteza cerebral es bastante lisa. En realidad, lo que hace que los hemisferios cerebrales se replieguen conforme aumentan de volumen en la evolución es que si permanecieran lisos se necesitarían unos cráneos descomunales para alojarlos.

Por supuesto que la capacidad craneal ha aumentado a lo largo de la evolución humana, llegando a sus dos cotas máximas en los neandertales y en la especie humana actual. Lo interesante es que ellos y nosotros hemos evolucionado de manera bastante independiente, en Europa y África respectivamente, durante medio millón de años, aproximadamente. El resultado es que los cerebros adquirieron volúmenes parecidos, aunque su forma sea diferente. Pero esta diferencia se debe a la caja craneal que los contiene. En los neandertales la expansión cerebral se produjo de delante atrás y de lado a lado, mientras que en nuestra línea evolutiva el aumento del cerebro se produjo también en altura. El cráneo neandertal era apepinado, y el nuestro, esférico. Y hay más diferencias que veremos luego.

Uno se pregunta inevitablemente si después de medio millón de años de evolución casi independiente la mente de los neandertales podía ser exactamente igual que la nuestra. No hablo de inteligencia, que es la capacidad de análisis, sino de mentalidad, la manera de ver el mundo y las cosas que suceden y que nos suceden, incluyendo a los

otros seres humanos y sus comportamientos.

## Un cráneo que se pliega sobre sí mismo

Imaginemos que el cráneo está traspasado por un alambre de acero que lo atraviesa de lado a lado saliendo por los orificios auditivos izquierdo y derecho, eje al que llamaremos «interauricular». Ahora podemos ponernos a comparar el cráneo de nuestra especie con los cráneos de las diferentes especies fósiles y con los cráneos de los grandes simios vivientes, a ver en qué nos diferenciamos los seres humanos.

Pero como solo hemos definido un eje, el interauricular, necesitamos un plano de referencia horizontal, porque si no los cráneos girarán alrededor de ese eje, como si estuvieran ensartados en un alambre, y no podremos compararlos. En antropología se usa para comparar cráneos el plano llamado de Fránkfort, que es un plano horizontal que pasa por los dos orificios auditivos externos del cráneo y por el borde inferior de las órbitas de los ojos. Usted se puede tocar ahora mismo ese borde inferior de las órbitas y los agujeros de los oídos para intentar poner los cuatro puntos en el mismo plano horizontal. Verá que el plano de Fránkfort sitúa la cabeza más o menos en la posición de firmes, es decir, mirando al frente. Cuando andamos bajamos un poco la vista para explorar el terreno que vamos a pisar.

El plano de Fránkfort es una forma sencilla de orientar un cráneo, pero yo prefiero una forma más complicada que utiliza uno de los canales semicirculares del oído interno, concretamente el canal lateral.

El oído interno se compone de la cóclea o caracol —que sirve para oír— y del sistema vestibular, que nos proporciona información sobre nuestra posición en el espacio. El vestíbulo está formado por los tres canales semicirculares y otras dos estructuras (sáculo y utrículo). De los tres canales semicirculares, el canal lateral ocupa una posición horizontal, por lo que parece de sentido común utilizarlo para orientar un cráneo. Pero hay que recurrir a las radiografías para localizar el canal lateral, ya que el oído interno no se puede ver desde el exterior del cráneo, y eso hacía que la técnica fuera enormemente laboriosa en el pasado. Pero con las nuevas máquinas de tomografía y los adelantos

de la informática el problema es hoy mucho menor. Esta forma de orientar los cráneos usando el oído interno se les ocurrió a los franceses A. Delattre y R. Fenart a mediados del siglo pasado y la llamaron «método vestibular».[2]

Los cráneos de los grandes simios tienen dos características que los hacen muy diferentes de nosotros. Por un lado está el prognatismo, la longitud de la cara, su proyección. En estas especies predomina la dentición anterior, formada por los incisivos y los caninos, que son los dientes que utilizan para trocear la fruta antes de masticarla con la dentición posterior, las muelas, y luego tragarla. La cara prognata de los grandes simios, con sus incisivos y caninos tan desarrollados, tiene que ver con el uso que hacen de la boca, que se parece biomecánicamente a una pinza. Todo eso ya lo sabemos.

La otra diferencia entre los grandes simios y nosotros está en el plano de la nuca. Como los grandes simios son cuadrúpedos (en tierra firme) el plano de la nuca se dirige hacia abajo *y hacia atrás*, en la misma dirección que el cuello. Nuestro plano de la nuca, en cambio, se orienta hacia abajo solamente.

En los australopitecos la cara se acortó, la dentición anterior se redujo y la posterior se expandió. Y al ser los australopitecos completamente bípedos, el plano de la nuca basculó o rotó porque la cabeza ya se sostenía *sobre* la columna vertebral, no *por delante* de la columna vertebral como en un chimpancé o un gorila cuando andan a cuatro patas.

En resumidas cuentas, respecto a los grandes simios, los australopitecos tenían un cráneo que se había *enrollado*, sobre todo por detrás. Al aumentar la capacidad craneana (el volumen del cerebro) y reducirse el prognatismo (la proyección de la cara) en el *Homo erectus*, el enrollamiento afectó a todo el cráneo. Dicho de otro modo, el radio de curvatura se hizo progresivamente más pequeño. Atención a este trabalenguas: una rueda grande tiene un radio grande y una curvatura pequeña, y una rueda pequeña tiene un radio pequeño y una curvatura grande. Me gusta pensar y hacerle pensar.

Y así llegamos a los neandertales y a la especie humana moderna, que son las cimas más altas de la cerebralización en el planeta Tierra.

Cuando se orientan con el método vestibular los cráneos de un neandertal típico y de un humano moderno típico se aprecian diferencias importantes. La primera es que la cara es más corta en el

humano actual, menos prognata, más retrasada, como retranqueada. La segunda es que nosotros no tenemos un toro supraorbitario como el de los neandertales. La tercera es que nuestra frente es más vertical. Sin embargo, cuando se comparan los perfiles de los lóbulos frontales neandertal y moderno no se encuentran diferencias, aunque no lo parezca por fuera mirando el cráneo. El lóbulo frontal de los neandertales no estaba, en consecuencia, menos desarrollado que el nuestro, y ya sabemos que es en el área prefrontal del lóbulo frontal donde reside nuestra personalidad.

En realidad, la capacidad cerebral de los neandertales estaba en promedio por encima de la humana actual.

Ahora bien, adoptando la orientación vestibular de A. Delattre y R. Fenart se observa que el occipital está basculado en nuestra especie, es decir, está rotado hacia abajo respecto de los neandertales. La rotación afecta sobre todo al cerebelo, que, como sabemos, es la parte del encéfalo que ocupa la fosa craneal posterior, la más baja de las tres fosas craneales. Le recuerdo que en la fosa craneal anterior se aloja el lóbulo frontal y en la fosa craneal media los dos lóbulos temporales.

En resumidas cuentas, nuestro cráneo es el que tiene un mayor enrollamiento, una mayor curvatura, porque el radio de curvatura es el menor de todos. Nuestro cráneo se ha plegado sobre sí mismo.

Es difícil escapar a la fuerza de esta imagen tan potente de un cráneo que se enrolla, como si se ensimismara y quisiera mirar hacia dentro. «Enrollamiento» es, a fin de cuentas, «repliegue», que etimológicamente es equivalente a «reflexión». Y la reflexión consiste en pensar sobre nuestros pensamientos, *repensar*: la capacidad cognitiva que nos hace a los humanos diferentes de todos los demás seres vivientes.

Desde que se quedaron «solos» los mamíferos en el planeta Tierra, después de la extinción de los dinosaurios al final del Mesozoico, el número de neuronas que alberga el planeta no ha hecho más que aumentar.

Las neuronas de unos individuos no están conectadas con las de otros individuos en un sentido literal, por medio de sinapsis, pero cuando se trata de una especie muy social podríamos decir metafóricamente que hay una conexión neuronal a distancia entre cerebros.

No podemos ver en los mamíferos en su conjunto una *tendencia*, como se decía antes, hacia la socialización, pero, en los proboscídeos (los elefantes y mamuts), en los cetáceos (ballenas y delfines) y en los primates, muchas especies han apostado por el grupo. Y no cabe duda de que les ha ido bien, porque los cetáceos estaban bien asentados en los mares hasta que empezamos a arponearlos los seres humanos, había muchos elefantes en África y Asia antes de que los abatiéramos con armas de fuego y entre los primates hay una especie, la nuestra, que está extendida por todo el planeta y es la más sociable de todos los mamíferos. Entre los invertebrados terrestres, por cierto, aquellos que son extremadamente sociables, como las hormigas, las termitas y las abejas, son los grupos dominantes.

Las líneas más sociables de mamíferos comparten una característica importante. Todas tienen un gran cerebro, lo que nos indica que ese órgano se desarrolla al extremo cuando tiene que procesar mucha información social. Es lógico, porque cuanto más grande es un sistema, mayor es el número de interacciones posibles entre sus elementos. La complejidad social aumenta, pues, con el tamaño del grupo. Para albergar un cerebro grande esas especies de mamíferos hipersociales necesitan un cuerpo grande y por lo tanto un desarrollo lento. Los cetáceos, los elefantes y los hominoideos son, en efecto, los mamíferos más longevos y también los que tienen más espaciados los partos.

Pero de todas las líneas de mamíferos sociales solo había una a la que su historia evolutiva, su filogenia, le hubiera dotado de órganos que le permitieran desarrollar la tecnología, y esa fue la nuestra, la de los mamíferos con dedos portadores de uñas planas, y no garras, para asirse a las ramas de los árboles: los primates.

En la actualidad la conexión a distancia entre las neuronas de los diferentes seres humanos es más grande y más física que nunca gracias al poder de la informática y de las telecomunicaciones.

Cuando usted mire la noche estrellada como yo lo estoy haciendo ahora, con la constelación de Orión, el cazador de invierno, en todo lo alto, con su cinturón y la estrella Betelgeuse en su hombro, enfrentado eternamente a Tauro, donde brilla Aldebarán, y al otro lado de Orión su perro, Canis Maior, que tiene la estrella más brillante del cielo, Sirio, en su constelación, cuando usted mire esas y otras maravillas celestes, puede decir que el sistema más complejo de la galaxia es el

cerebro humano, el suyo y el mío, con casi cien mil millones de neuronas y un número verdaderamente astronómico de conexiones entre ellas.

Salvo que haya evolucionado otra especie más inteligente en otro sistema solar y haya sido lo bastante sabia como para no destruirse a sí misma en una guerra nuclear.

Lóbulos cerebrales. *Gray's Anatomy.*

# EPÍLOGO

## El profesor y la alumna

La reina Cristina de Suecia no era aficionada a la ciencia, como descubrió con espanto Descartes cuando la conoció en su corte de Estocolmo. Se interesaba mucho por las humanidades, como el arte, las lenguas clásicas y la filosofía, pero no tanto por las matemáticas y por la geometría. La grandiosa idea de que el universo es una gran máquina que funciona sola, como el reloj astronómico de la catedral de Estrasburgo, no la conmovía, al parecer.

Tampoco se emocionaba con la idea de que era posible conocer los mecanismos, las leyes, que hacían funcionar la gran máquina universal. Leyes matemáticas que estaban siendo desveladas precisamente en aquellos momentos por personas como Descartes, que aspiraba a construir un método que permitiera entenderlo todo, saberlo todo, contestar a todas las preguntas posibles sobre la naturaleza. Pero a la reina Cristina esa revolución no le quitaba el sueño.

Ni siquiera despertaba su curiosidad la idea revolucionaria de que el cuerpo humano era también una gran máquina, que se movía por los mismos principios de la mecánica que los autómatas de los relojes de las catedrales. En realidad, más que la doctrina mecanicista, lo que a la reina Cristina le llamaba la atención de Descartes era su habilidad para construir máquinas. Quizás le gustaba más el Descartes mecánico que el Descartes mecanicista.

Definitivamente, a la reina Cristina de Suecia no le interesaban las grandes preguntas de la ciencia. Descartes debió de darse cuenta enseguida de que se había equivocado completamente al viajar al helado reino del norte. Ese no era su sitio, y encima era muy temeroso del frío, al que odiaba a la par que temía.

Finalmente la reina convocó a Descartes para que le diera clases particulares en pleno invierno y a las cinco de la mañana en su

palacio, lo que lo obligaba a levantarse muy temprano y pasar mucho frío por el camino.

Fueron muy pocas, una media docena quizás, las lecciones que Descartes dio a la reina Cristina, porque pronto enfermó y murió de neumonía en el mes de febrero de 1650, a la edad de cincuenta y tres años. Ella tenía entonces dieciocho años y Descartes debía de parecerle un señor muy mayor y muy convencido de su propio talento. Quizás lo encontrara también muy pesado con sus matemáticas. Pero lo apreciaba y admiraba su inteligencia.

## El doctor Descartes

La muerte de Descartes sorprendió a todo el mundo. No solo porque era joven todavía y presumía de su buen estado de salud, sino porque era un sabio. La revolución científica del Barroco, en efecto, con su nuevo método para estudiar la naturaleza, prometía también remedios para la salud del cuerpo. Era razonable pensar que una vez que se conociera cómo funciona la máquina corporal se podrían eliminar las enfermedades y prolongar la vida humana hasta límites insospechados. Descartes no tenía dudas al respecto. Fue tanta la incredulidad que produjo su muerte que se extendió la leyenda, sin fundamento, de que había sido envenenado por sus enemigos en la Iglesia, que consideraban el método de Descartes una doctrina disolvente para la sociedad.

En realidad, los científicos mecanicistas tenían razón en su optimismo, pero todavía les quedaba mucho por saber para mejorar la ciencia de la medicina, incluso para convertir la medicina en ciencia en el sentido moderno del término. «Ciencia» era un término que se utilizaba entonces como equivalente de «arte» o «saber». Es decir, el ejercicio de algún oficio basado en el conocimiento heredado. Los médicos de la época de Descartes practicaban el *arte de la medicina*, pero la crítica que Molière hacía en 1666 de la profesión en *El médico a palos* estaba justificada.

Sin embargo, ya desde Vesalio la anatomía se estaba desarrollando de acuerdo con los principios de la nueva ciencia, es decir, en base a la observación y a la comprobación. Los cuadros de lecciones de anatomía que encargaba el Gremio de Cirujanos de

Ámsterdam a pintores como Rembrandt son un magnífico ejemplo. Y la fisiología crecía también según los nuevos principios metodológicos: Harvey había descubierto en 1628 la circulación mayor de la sangre y Descartes fue el primero en reconocer la importancia del hallazgo.

¿Pero qué podían hacer los médicos para curar a los pacientes? No sabían nada de microbiología, aunque ya se estaban construyendo los primeros microscopios. La química tampoco se había desarrollado, de modo que la farmacopea de su tiempo se limitaba al uso de plantas y minerales medicinales de acuerdo con una tradición que venía de los clásicos y de la experiencia. La revolución científica que se estaba llevando a cabo cuando Descartes murió terminaría por satisfacer las esperanzas que se habían puesto en ella, pero aún habría que esperar varios siglos. En vida de Descartes ni siquiera había un marco teórico en el que basarse, una teoría unificada del funcionamiento del cuerpo humano, del origen de las enfermedades y de las causas de la muerte.

Descartes se proponía aplicar los principios de la nueva ciencia a la medicina, como proclama en el *Discurso del método* (en 1637):

> Porque ellas [las nociones generales de la Física que había adquirido Descartes] me han hecho ver que es posible llegar a conocimientos muy útiles para la vida; y que en lugar de esa filosofía especulativa que se enseña en las escuelas, es posible encontrar una práctica por la cual, conociendo la fuerza y las acciones del fuego, del agua, del aire, de los astros, de los cielos y de los demás cuerpos que nos rodean tan claramente como conocemos los diversos oficios de nuestros artesanos, las podamos emplear de la misma manera en todos los usos que les son propios y así hacernos como dueños y poseedores de la naturaleza. Lo que no es solo deseable para inventar una infinidad de aparatos, que nos permitirían gozar sin ningún trabajo de los frutos de la tierra y de todas las comodidades que en ella se encuentran, sino también principalmente por la conservación de la salud que es sin duda el primer bien y la base de todos los otros bienes de la vida. [...] Es verdad que la [medicina] de ahora tiene pocas cosas de tan notable utilidad. Pero, sin querer hacerla de menos, estoy seguro de que no hay nadie, ni aun los que han hecho de ella su profesión, que no confiese que todo lo que se sabe no es casi nada comparado con lo que queda por saber y que podríamos librarnos de una infinidad de enfermedades, tanto del cuerpo como del espíritu, y hasta quizás del debilitamiento de la vejez si tuviéramos suficiente conocimiento de sus causas y de todos los remedios de los que la naturaleza nos ha provisto.

Quedémonos con la última frase: «Si tuviéramos suficiente conocimiento de sus causas [se refiere a las enfermedades y a la vejez] y de todos los remedios de los que la naturaleza nos ha provisto».

Descartes estaba seguro de que había encontrado un camino, un método, para lograr el conocimiento pleno sobre todas las cosas,

incluyendo el cuerpo humano, la enfermedad y la vejez que lleva a la muerte. Y creía que lo podría conseguir... salvo que la propia muerte se lo impidiese.

¿Pero qué había logrado avanzar Descartes en el terreno de la salud? Es verdad que practicó muchas disecciones de animales para buscar la información que necesitaba, pero en realidad nunca descubrió nada relevante para la medicina. Digamos en su descargo que tampoco existía entonces el conocimiento de las causas de las enfermedades y de la vejez que Descartes reclamaba para progresar en la ciencia de la medicina. Ni había manera de encontrarlas sin el uso del microscopio o sin tener modo de conocer la composición química de las cosas, sin poder saber de qué sustancias están hechas, ni cuáles son los principios activos de los medicamentos. Es decir, ni la microbiología ni la farmacología habían nacido todavía.

El veredicto de la historia de la medicina sobre el proyecto de Descartes es implacable: fracasó por completo. No avanzó nada.

## Sé tu propio médico

Y sin embargo, en el año en el que vivimos las ideas de Descartes sobre la salud me parecen sorprendentemente modernas. Si no se conocen, por falta del instrumento óptico necesario, los patógenos, es decir, los agentes infecciosos como las bacterias, los hongos, los protozoos, los virus, los priones, y si la química no ha avanzado lo suficiente como para identificar los principios activos de las plantas y minerales medicinales, ¿qué se puede hacer?

La respuesta de Descartes es esta: escucha a tu cuerpo, conócete a ti mismo, nadie te puede conocer mejor que tú, sé tu propio médico. Se trataba, después de todo, de la doctrina de la medicina tradicional, la del mundo grecolatino y la escolástica medieval, que es su continuación, pero no puedo evitar que los consejos de Descartes me suenen hoy completamente actuales.

¿No es, a fin de cuentas, lo mismo que leemos en las secciones de salud y bienestar de los periódicos y en las revistas y libros que aconsejan sobre cómo vivir muchos años en plenitud de facultades? Y el caso es que a Descartes no le había ido nada mal escuchando a su propio cuerpo, porque de pequeño era tan débil y enfermizo que se

pensaba que no viviría mucho. En su madurez, en cambio, se sentía fuerte y sano y esperaba tener una larga vida.

Descartes no escribió nunca un tratado sobre su medicina, pero se pueden reconstruir sus consejos a partir de su correspondencia.[1]Este sería su programa para una vida saludable: una dieta moderada, ni demasiado abundante ni tampoco escasa: no ser ni gordo, ni flaco. No beber mucho alcohol. Comer mucha fibra, más vegetales que carne, evitando los alimentos demasiado salados o demasiado especiados. Dieta variada. Se recomiendan las sopas. Pero lo mejor es comer lo que te pida tu cuerpo. Él sabe mejor que nadie lo que necesitas en cada momento: hazle caso. Ejercicio moderado, incluido el sexual. Dormir mucho y bien, sin sueños perturbadores. Evitar todo lo que altere el sueño, como pensar intensamente durante demasiado tiempo o hacerlo en momentos inapropiados. No levantarse de golpe. A Descartes le gustaba mucho quedarse en la cama. Huir en lo posible de las sangrías, que en la época de Descartes los médicos recetaban para *adelgazar* la sangre cuando estaba demasiado *espesa*. Mucho cuidado con los medicamentos nuevos, cuyos efectos todavía no se conocen bien. Y en general evitar pensar en cosas que le amargan a uno la existencia. Mejor tener pensamientos agradables y buscar el lado amable de la vida.

Los consejos para una vida saludable que daba Descartes se parecen a una décima que escribió el sacerdote español Francisco Gregorio de Salas en el siglo XVIII:

*Vida honesta, y arreglada,*
*Hacer muy pocos remedios*
*Y poner todos los medios*
*De no alterarse por nada.*
*La comida moderada,*
*Ejercicio y diversión,*
*No tener aprehensión,*
*Salir al campo algún rato,*
*Poco encierro, mucho trato,*
*Y continua ocupación.*

En resumen, Descartes era un epicúreo que recomendaba una vida tranquila, sin excesos físicos, sin atormentarse con pensamientos

negativos, sin agobiarse, sin obsesionarse con el trabajo intelectual, procurando comer sano y variado, durmiendo plácidamente y haciendo caso al cuerpo, que es nuestro mejor doctor.

La desconfianza de Descartes respecto de los doctores de su tiempo era absoluta, y muy extendida en su época. Hay un poema de Lope de Vega que empieza con el verso «Es la mujer del hombre lo más bueno», y dice más adelante: «y es la mujer al fin como sangría / que a veces da salud, y a veces mata». Durante la enfermedad que acabó con su vida, Descartes se opuso a que le practicaran una sangría, aunque al final cedió. Efectivamente no sirvió para nada. ¿Qué podía hacer una sangría contra el germen causante de su neumonía?

Pero Descartes en el fondo tenía razón, y la aplicación de su método científico sirvió para que siglos después de su muerte la misteriosa causa de las enfermedades infecciosas, es decir, los gérmenes, fuera conocida por el químico francés Pasteur. La neumonía que mató a Descartes es una de esas enfermedades.

## La reina de las musas

La reina Cristina murió en 1689, a los sesenta y dos años de edad, en su residencia de Roma, el palacio Riario, y fue enterrada en la Basílica de San Pedro. El monumento funerario fue construido en 1701. Allí puede ir a visitarla usted y también puede recorrer los jardines del palacio Riario (actualmente palacio Corsini), en el Trastévere, cerca de la Villa Farnese. El palacio es sede del Museo Nacional de Arte Antiguo y de la Accademia Nazionale dei Lincei, la academia de ciencias italiana.

En la colección del museo del Prado hay dos óleos de la reina Cristina, ambos del pintor francés Sébastien Bourdon. Son retratos de 1653 o 1654, los dos últimos años de su reinado. Cristina de Suecia aún no había cumplido los treinta años. Los cuadros colgaban de las paredes del Real Alcázar de Madrid en la época de Felipe IV. En uno de ellos se la representa a caballo con un halcón en el puño. La reina era muy aficionada a las actividades deportivas, a las armas y a la caza, lo que se consideraba en su época propio de reyes, pero no de reinas.

Aunque estos retratos no se exponen en las salas del museo del Prado, hay una presencia muy viva de la reina Cristina en el lugar en el que a ella le habría gustado estar: entre las musas de la Villa Adriana, que Cristina compró para su palacio Riario en Roma, donde presidían sus recepciones en el gran vestíbulo.

Las musas se encontraron sin cabeza en las excavaciones de la villa del emperador Adriano, por lo que hubo que esculpir unas nuevas cabezas en el taller de Bernini y ponérselas a las musas. Una de esas cabezas es precisamente un retrato de la propia reina Cristina, y está colocada en la escultura que representa a la musa Talía, que con la mano derecha sujeta una máscara de teatro. Deténgase a contemplarla si visita el museo del Prado. Así podrá ver usted con todo detalle cómo era el rostro de la reina sueca, con su nariz inconfundible.

No hubo una relación de entendimiento entre Descartes y la reina Cristina en vida, sino más bien una historia de desencuentro. Pero el destino ha unido sus nombres con un lazo fuerte y siempre que se pronuncia el de la reina Cristina se piensa en Descartes, y cuando se piensa en Descartes viene inevitablemente a la cabeza la reina

Cristina.

*La musa Talía*. Anónimo
y Francesco Maria Nocchieri.

Museo del Prado.

# APÉNDICES ANATÓMICOS

## APÉNDICE 1

*Los músculos de la pantorrilla*

Todo el mundo sabe que en la pantorrilla sobresalen dos abultamientos musculares, uno más alto que otro, a los que nos referimos normalmente como gemelos. Forman parte de un músculo que se llama gastrocnemio, que tiene dos fascículos, uno lateral y otro medial. Los dos fascículos se originan en el fémur, por encima de los dos cóndilos con los que el fémur se articula con la tibia, que a su vez tiene otros dos cóndilos. Los cóndilos del fémur son convexos y los de la tibia, cóncavos.

Por debajo del m. gastrocnemio está el músculo llamado sóleo, que viene de la parte alta del peroné y de la zona media de la tibia (siempre en la cara dorsal o posterior de la pierna, por supuesto). El m. gastrocnemio y el sóleo terminan distalmente en un tendón conjunto muy potente (como tiene que ser para que podamos ponernos de puntillas), que se conoce como tendón de Aquiles.

El m. gastrocnemio y el m. sóleo forman la capa superficial de los músculos posteriores de la pierna y se conocen en conjunto como tríceps sural, pero por debajo hay una capa profunda. En ella se encuentran los músculos flexores largos de los dedos de los pies y el músculo tibial posterior.

Para que el pie *ruede* sobre los dedos y se despegue del suelo interviene primero el músculo flexor largo común de los dedos, que se origina en la tibia y se inserta en las falanges distales (las de las uñas) de los dedos segundo a quinto. Su contracción produce la flexión plantar de esos dedos, es decir, hace que se *doblen* hacia abajo, agarrándose al suelo. El impulso último y definitivo lo produce la contracción del músculo flexor largo del dedo gordo, que viene desde el peroné para insertarse en la falange distal del dedo gordo.

Naturalmente el suelo se opone a la flexión y por eso quedan tan profundamente marcados los dedos en la huella, especialmente el dedo gordo.

El músculo tibial posterior es un flexor plantar que también (dicho vulgarmente) mete la punta hacia dentro y apoya el *canto* externo del pie (supinación). Si miramos hacia el maléolo interno y realizamos ejercicios con el pie podremos ver y palpar el tendón del músculo tibial posterior, que es bastante apreciable y llega hasta la tuberosidad del hueso navicular, tuberosidad que tan bien conocemos ya, porque la hemos palpado.

Es muy importante recordar aquí que los dedos segundo a quinto no son impulsores sino que mantienen la estabilidad del pie y evitan, al doblarse, que el pie se deslice hacia atrás (que resbale) cuando el dedo gordo proporciona el impulso final para el despegue y lanzamiento hacia delante del pie. Y digo que es importante porque los investigadores de Ardi sostienen que aunque el dedo gordo no era impulsor, ya que estaba separado como el de un simio, sin embargo los dedos laterales (del dos al cinco) realizaban la función de impulsar el pie. Se trataría de un modelo de locomoción que no se conoce en ninguna especie viviente, porque no es como el humano (ni como el de los australopitecos), pero tampoco como el de los simios.

## Apéndice 2

### *Músculos laterales de la pierna*

Tan fácil como identificar los maléolos y la tuberosidad y cresta tibiales es encontrar la cabeza del peroné, que es su parte más alta. Ahí se origina el músculo peroneo largo, que desciende a lo largo de este hueso, pasa por detrás del maléolo del peroné y cruza la planta del pie para terminar en la base del primer metatarsiano, el del dedo gordo.

Ahora le propongo un acertijo. Imagine que tira del tendón del peroneo largo. ¿Qué ocurrirá? Respuesta: teniendo en cuenta que pasa por detrás del maléolo lateral, cruza la bóveda plantar y termina en su arco interno, lo que con toda seguridad hará será bajar el borde interno del pie, o sea, un movimiento de pronación; lo contrario que el

músculo tibial anterior, que es supinador. Se trata por lo tanto de dos músculos, el peroneo largo del pie y el tibial anterior, que son antagonistas a pesar de insertarse en la misma región del pie, porque sus recorridos son diferentes. El m. peroneo va por debajo de la bóveda plantar y el m. tibial anterior, por encima.

Es igualmente pronador el músculo peroneo corto del pie, que se origina en el peroné también, aunque un poco más abajo y termina en la tuberosidad del quinto metatarsiano, el del dedo pequeño. Es más corto, por lo tanto, que el m. peroneo largo.

## Apéndice 3

*Los músculos isquiotibiales*

Hay dos músculos isquiotibiales internos (mediales) y un músculo isquiotibial externo (lateral). Fácil de recordar. Los dos músculos isquiotibiales internos se llaman músculo semimembranoso y músculo semitendinoso, y el externo se llama m. bíceps femoral. Este a su vez tiene dos cabezas, o porciones, o fascículos, como quiera llamarlos. Una, la cabeza corta, es verdaderamente isquiotibial, porque se origina en la tuberosidad del isquion, es decir, en la pelvis, mientras que la otra, la cabeza larga, viene del fémur, no del isquion.

Pasemos ahora a la exploración. Si se toca la parte de atrás de la rodilla, en el hueco por donde se flexiona la extremidad que los anatomistas llaman «fosa poplítea» notará dos gruesos tendones, uno a cada lado. Son los tendones del m. bíceps femoral (el tendón externo o lateral) y del m. semitendinoso (el tendón interno o medial).

El tendón externo (el del m. bíceps femoral) va a parar a la cabeza del peroné, como supongo que estará ya comprobando. El interno (el del m. semitendinoso) se inserta en el cóndilo correspondiente de la tibia. El m. semimembranoso está más profundo que el m. semitendinoso.

## Apéndice 4

*Músculos que se ven y músculos que no se ven*

Me referiré primero a los que se ven y luego a los que no se ven. Ya conocemos tres de los músculos aductores, e incluso hemos visto dibujado en la figura *Los siete magníficos de la locomoción bípeda* uno de ellos, el m. aductor mayor. Nos faltaban dos músculos con función aductora, que son el m. pectíneo y el m. recto interno.

El origen de este conjunto de músculos aductores está en el marco óseo que rodea el agujero obturador, es decir, el pubis, el isquion y la rama isquiopúbica, que recorre la ingle. En general su inserción está en la parte posterior del cuerpo del fémur, donde hay un borde muy marcado llamado línea áspera. Pero el aductor mayor tiene dos fascículos, y uno de ellos llega hasta el cóndilo interno del fémur, en la zona de la rodilla. Por otro lado, como su mismo nombre indica, el m. recto interno desciende verticalmente por el borde interior del muslo hasta el cóndilo interno de la tibia, donde su tendón se une con los del músculo sartorio y el m. semitendinoso en la pata de ganso o pie anserino.

Existe un síndrome anserino, o tendinobursitis de la pata de ganso, que sufren los corredores (entre otros deportistas) debajo de la articulación de la rodilla y por dentro de la pierna.

Daré para acabar los nombres de unos músculos que no se ven porque no son subcutáneos: los pelvitrocantéreos. Su función es la rotación externa del muslo y se llaman así: m. piramidal, m. obturador interno, m. obturador externo, m. gemelo superior, m. gemelo inferior y m. cuadrado femoral.

## Apéndice 5

*Los músculos de la cola*

Si la pelvis verdadera es como un cuenco óseo, el fondo del cuenco no está formado por huesos, sino por los tejidos blandos del suelo pélvico, en el que se distinguen dos diafragmas musculares, uno más profundo y otro más superficial, a saber: i) el diafragma pélvico, formado por los músculos elevadores del ano junto con los músculos isquiococcígeos, y ii) el diafragma urogenital, que recubre la parte

anterior del diafragma pélvico. Por el primero pasa el canal del ano y por el segundo la uretra y la vagina en las mujeres.

Más superficiales todavía son los músculos del perineo, muy importantes en el parto. Entre ellos se encuentran los dos músculos bulbocavernosos, que rodean la vagina, y el músculo esfínter externo del ano. Estos dos anillos musculares forman juntos un 8, con el centro tendinoso del perineo en medio, entre la vagina y el ano. Al centro tendinoso llegan desde cada una de las dos tuberosidades isquiáticas los músculos transversos superficiales del perineo, que lo dividen en dos triángulos.

Toda esta anatomía es de gran importancia para las mujeres y yo me atrevería a invitar a cualquier lector a que profundice en ella.

Déjeme que le diga una cosa interesante del suelo pélvico, aunque tenga que introducir más términos anatómicos. Los músculos elevadores del ano están formados por tres haces o fascículos: el puborrectal, el pubococcígeo y el iliococcígeo. Nos interesan los dos últimos porque van a parar al cóccix, como su mismo nombre indica. También lo hace el otro músculo del suelo pélvico, el isquiococcígeo.

El cóccix es lo que nos queda de la cola a nosotros y a los simios. No está nunca de más recordar que en rigor debería haber dicho «lo que nos queda de la cola a nosotros y a los otros simios». En los monos, esos músculos que terminan en «coccígeo» se usan para mover la cola. Pero los monos se desplazan a cuatro patas con el tronco horizontal, por lo que las vísceras de la cavidad abdominal se apoyan sobre la pared abdominal. Nosotros caminamos erguidos, y *los otros simios* mantienen el tronco vertical cuando se sientan o se cuelgan de las ramas por los brazos. Por lo tanto las vísceras no se apoyan en la pared abdominal, sino sobre un suelo o diafragma hecho de músculos que antes movían la cola.

## Apéndice 6

### *Músculos de la nuca*

Resumiendo todo el galimatías de nombres nos podemos quedar con que hay tres capas de músculos que van a parar a la nuca y sus alrededores desde la columna vertebral. La capa más superficial es la

del m. trapecio, que es la única que se puede tocar con facilidad. Por debajo están el m. esplenio de la cabeza y el m. semiespinoso de la cabeza. Y todavía en una posición más inferior se encuentran los músculos cortos de la nuca, que son seis. Mencionaré sus nombres porque tienen importancia en paleoantropología, pero no hace falta que se los aprenda.

Cuatro de los músculos cortos de la nuca forman parte de la musculatura dorsal autóctona. Se llaman así: m. recto mayor posterior de la cabeza, m. recto menor posterior de la cabeza, m. oblicuo superior de la cabeza y m. oblicuo inferior de la cabeza. Los tres primeros van a parar al hueso occipital desde las dos primeras vértebras cervicales, que son el atlas y el axis. El cuarto va desde el axis al atlas. A estos cuatro músculos propios se unen dos músculos cortos de la nuca (el m. recto lateral de la cabeza y el m. recto anterior de la cabeza) que no pertenecen a la musculatura dorsal autóctona.

## Apéndice 7

### *La geometría de la espalda: un triángulo, un trapecio, un rombo y un ángulo*

El m. dorsal ancho es triangular y sus fibras musculares, de trayectoria ascendente, se originan por medio de una aponeurosis (lámina tendinosa) en las seis últimas vértebras torácicas, en las vértebras lumbares, en el sacro y en la parte posterior de la cresta ilíaca; también en las costillas flotantes. Este músculo pasa por el ángulo inferior del omóplato, donde también pueden originarse algunas fibras, luego se retuerce girando sobre sí mismo en hélice y termina por medio de un tendón en un surco de la parte alta del húmero, cerca de la axila. Es prácticamente todo él subcutáneo, salvo en su parte superior, donde lo cubre el trapecio.

La aponeurosis del músculo dorsal ancho forma parte de la gran fascia toracolumbar, de la que es su hoja superior. En esta hoja también se origina el m. serrato posterior, del que no voy a hablar. Pero en la hoja inferior de la fascia se originan dos músculos abdominales que sí conocemos: el m. oblicuo interno y el m.

transverso. Forman parte del famoso *core* del método Pilates. Para los seguidores de este método, la fascia toracolumbar también se incluye en el core y se debe cuidar para prevenir dolores de espalda.

Hablemos ahora de las diferentes partes del músculo trapecio, que parece una pañoleta o una estrella cuando se ven juntos el trapecio derecho y el izquierdo. Sus fibras musculares pueden descomponerse, de arriba abajo, en tres partes: la porción descendente, la transversa y la ascendente. La porción descendente es cervical porque se origina en la línea nucal superior del hueso occipital y en el ligamento de la nuca, y va a parar a la clavícula. Su contracción levanta un poco los hombros y los mantiene en su sitio cuando llevamos pesos sobre ellos, o cuando los llevamos en las manos, tirando de los hombros hacia abajo.

La parte transversa se origina en la última vértebra cervical y en las tres primeras vértebras torácicas y va a la clavícula y la escápula. Al tirar de lado en horizontal, y no desde arriba o desde abajo, aproxima las escápulas entre sí, como cuando llevamos los hombros hacia atrás y juntamos las *paletillas*.

Finalmente la parte ascendente del trapecio se origina en las vértebras torácicas restantes y se inserta en la escápula.

Actuando sinérgicamente con el m. serrato anterior, las fibras superiores e inferiores del m. trapecio hacen que gire la escápula sobre la parrilla costal, en un movimiento pendular o de campaneo que alcanza los 60°. Si no se produce el giro de la escápula el brazo no puede elevarse por encima de los hombros.

No estaría completo este anexo si no mencionara un músculo que relaciona la columna vertebral con la escápula y que tiene forma de rombo: el romboideo o romboides. En realidad se trata de dos músculos que pueden fusionarse. El romboideo menor va de las dos últimas vértebras cervicales al borde interno (vertebral) de la escápula. El músculo romboideo mayor (mucho más grande) se origina en las cuatro primeras vértebras torácicas y se inserta en el borde interno de la escápula, pero más caudalmente (más inferiormente) que el romboideo menor.

Estos músculos, cuando se contraen, aprietan la escápula contra el tórax y en esa acción son sinérgicos (colaboran) con las porciones superior e inferior del serrato anterior, como vimos en su momento. La paralización de los romboides también produce la escápula alada.

Sin embargo, como no contribuyen al giro de la escápula, la parálisis de los romboides no impide elevar el brazo, y esta es una buena forma de identificar la verdadera causa de una escápula alada.

Los romboides también traccionan la escápula hacia la columna (retracción de la escápula) como cuando tiramos de algo: un cajón o la cuerda de un arco. En ese movimiento son antagonistas del m. serrato anterior, que tracciona la escápula hacia delante (protracción), por ejemplo cuando lanzamos un puñetazo. Al m. serrato anterior lo conocemos bien porque se marca mucho en el costado de los atletas y de las estatuas clásicas en forma de cuatro digitaciones.

La escápula, como puede ver, tiene mucha movilidad, y gracias a eso también la tiene el brazo. Herencia de nuestra antigua vida en los árboles. Pero aún nos queda por ver un músculo que tira de la escápula para moverla. Ese músculo se origina en las cuatro primeras vértebras cervicales y se inserta en el ángulo más cercano de la escápula, que es el ángulo superior, y por eso se llama músculo angular del omóplato o músculo elevador de la escápula. Al tirar, si tomamos el cuello como punto fijo, retrae la escápula (tira hacia atrás de ella) y la eleva.

## Apéndice 8

*Una abrazadera necesaria para una articulación muy móvil*

El m. supraespinoso y el m. infraespinoso son músculos profundos de la escápula que se insertan en el tubérculo mayor del húmero, una pequeña tuberosidad que se encuentra un poco por debajo de la cabeza de este hueso, que apenas tiene cuello. Por su posición alta en la escápula (por encima de la espina) el músculo supraespinoso, además de rotador del húmero y estabilizador de la articulación, es importante para levantar el brazo de lado (movimiento de abducción), separándolo del cuerpo. A decir verdad, es el supraespinoso el que inicia la acción. Luego interviene el deltoides, el gran músculo del hombro, que se lleva toda la fama.

El m. redondo menor se origina en el borde lateral o axilar de la escápula y también va a parar al tubérculo mayor del húmero.

El músculo subescapular no se encuentra como los anteriores en

la cara posterior o dorsal de la escápula, la que está bajo la piel, sino en la anterior o ventral, la que está pegada a la caja torácica y no se puede palpar. Esta cara ventral también tiene una fosa, llamada fosa subescapular, y en ella se origina el músculo del mismo nombre, que va a parar al tubérculo menor del húmero. Además de mantener la estabilidad de la articulación del hombro el m. subescapular rota el brazo, pero lo hace internamente, es decir, hacia dentro en lugar de hacia fuera como los tres músculos anteriores.

A continuación del m. redondo menor, en el ángulo inferior de la escápula se origina otro músculo profundo, que no forma parte del manguito rotador y se llama m. redondo mayor. Para explicar de una manera sencilla cómo trabaja diré que se usa cuando nos llevamos la mano a la espalda para meterla en el bolsillo trasero del pantalón. El m. dorsal ancho también es capaz de producir esos movimientos porque se inserta en el húmero, muy cerca del m. redondo mayor.

En superficie, los músculos que más se pueden ver en la espalda de todos los citados son el m. infraespinoso y el m. redondo mayor. Este último músculo forma además parte de la pared posterior de la axila, con el m. dorsal ancho y el m. subescapular.

## Apéndice 9

### *Tres cabezas, dos cabezas, una cabeza*

La porción o cabeza larga del tríceps se origina en la escápula un poco por debajo de la superficie de articulación con la cabeza del húmero o cavidad glenoidea (y se llama por ello tuberosidad infraglenoidea). Las otras dos cabezas (lateral y medial) se originan en la cara posterior del cuerpo del húmero.

El m. tríceps se inserta por un tendón común en el olécranon, y por eso su contracción extiende la articulación del codo. Piénselo por un momento: es un músculo que ocupa la región dorsal del brazo y va a parar a «la punta del codo»; ¿qué otra cosa puede hacer cuando se contrae sino extender el codo?

El m. bíceps es un músculo ventral del brazo con dos porciones o cabezas, como su mismo nombre indica. La cabeza larga se origina en la escápula, justo encima de la articulación del hombro (en la

tuberosidad supraglenoidea). Luego pasa entre los dos tubérculos del húmero y sigue por un surco que se llama corredera bicipital (o sea, «el canal del bíceps»). La cabeza corta se origina también en la escápula, pero esta vez en la apófisis coracoides, como ya quedó dicho cuando hablamos del omóplato.

El tendón común de las dos cabezas se inserta en la parte alta del radio, en la llamada tuberosidad bicipital («la prominencia para el bíceps»). Por eso la contracción del m. bíceps produce la flexión del codo.

Hay un segundo músculo ventral del brazo. Se trata del músculo braquial anterior, que va, por debajo del m. bíceps, desde la parte inferior del húmero hasta la superior del cúbito. Flexiona la articulación del codo, y a diferencia de los otros dos músculos braquiales solo atraviesa una articulación porque no tiene ninguna cabeza que venga desde el omóplato.

## Apéndice 10

### *La importancia de los epicóndilos*

Los músculos del antebrazo son una veintena, demasiados me temo para que los describa con detalle, pero si dejamos caer el antebrazo (extendiendo el codo) a lo largo del cuerpo con las palmas hacia delante (es decir, en supinación) podemos agruparlos en tres grandes conjuntos por su situación (y en parte también por su función). Son los músculos ventrales (o anteriores), los dorsales (o posteriores) y los laterales (o radiales). A su vez, los músculos ventrales y los dorsales tienen una capa superficial, que es subcutánea y *se transparenta* a través de la piel, y otra profunda, que permanece oculta.

Si lo piensa un momento comprenderá que los músculos ventrales del antebrazo tienen que ser los responsables de la flexión palmar de la muñeca (doblar la mano hacia delante), de la flexión de los dedos (cerrar la mano), y de la pronación (girar la mano para que veamos el dorso).

Además, y como siempre digo en este libro, puede comprobarlo usted mismo. Apriete con fuerza el puño de la mano derecha (por

ejemplo) delante de sus ojos, doble el codo y flexione un poco la muñeca hacia usted. Verá en el eje del antebrazo tres tendones bien gruesos. Los tres son de músculos flexores, bien de la muñeca, bien de los dedos. Puede palparlos ahora con el pulgar de la otra mano (la izquierda en este ejemplo). Yendo desde el lado radial al cubital, es decir, del lado del dedo pulgar al del meñique, los tendones corresponden a: i) el músculo flexor radial del carpo; ii) el músculo palmar largo, y iii) el músculo flexor superficial de los dedos. Y si se fija un poco más, hay un cuarto tendón, separado de los tres anteriores, en el lado del dedo meñique, que es el tendón del músculo flexor cubital del carpo. Estos cuatro músculos se originan en el epicóndilo medial del húmero (el de dentro) por medio del tendón común de los flexores. Es un buen momento para tocar con la mano izquierda el epicóndilo medial.

De ese mismo epicóndilo medial que estamos palpando también parte una de las dos cabezas del m. pronador redondo, un músculo que va a parar a la cara lateral del radio. Su contracción produce (lógicamente) la rotación de radio y la pronación; es decir, cruza el radio sobre el cúbito.

Los músculos dorsales del antebrazo producen, por el contrario, el movimiento de flexión dorsal o extensión de la mano (la doblan hacia atrás), y también la extensión de los dedos (abrir la mano). Puede ver fácilmente los tendones en el dorso de la mano. Cuatro músculos se originan en el epicóndilo lateral del húmero por el tendón común de los extensores. Ahí tiene también uno de sus orígenes el músculo supinador corto, que es el más importante de los músculos supinadores después del bíceps braquial.

Ya ve qué importantes son estos dos epicóndilos para la manipulación de objetos, tan propia de los seres humanos y de los primates en general.

Finalmente, los músculos laterales del antebrazo son tres. Dos de ellos son extensores de la mano, pero el que se percibe claramente desde el exterior no tiene esa función. Se llama músculo braquiorradial y nos vamos a detener un momento en él por su gran importancia y por su visibilidad. Mírelo ahora. Como su nombre indica, el músculo braquiorradial va desde el hueso del brazo (el húmero) hasta el extremo distal del radio. Es el músculo más largo del antebrazo, subcutáneo en todo su recorrido. Por eso también se lo

conoce como m. supinador largo, pero en realidad no es un supinador a tiempo completo, sino que es supinador cuando el antebrazo está en pronación y pronador cuando el antebrazo está en supinación. De este modo mantiene el antebrazo (y la mano) en una posición intermedia entre la supinación y la pronación. Pero el músculo braquiorradial es también un flexor del antebrazo sobre el brazo, así que lo podemos añadir a los dos que ya sabemos que realizan la flexión del codo: el m. bíceps braquial y el m. braquial anterior.

## Apéndice 11

### *El gesto del aristócrata*

Mírese el dorso de la mano (con la palma hacia abajo, es decir, en pronación). Extienda con fuerza el dedo pulgar (es decir, póngalo recto) y sepárelo enérgicamente de los otros dedos (movimiento de abducción del pulgar). Ahora dirija la mirada a su muñeca en el lado del pulgar (que es también el lado del hueso radio). Verá una depresión triangular delimitada por dos tendones. Si se fija verá que uno de los tendones llega hasta la base de la falange distal (la de la uña), y el otro se queda en la base de la falange proximal, por lo que es más corto. El primero de los dos músculos es el m. extensor largo del pulgar y el segundo es el m. extensor breve del pulgar. De este último hablo en el texto principal porque entre todos los primates solo lo tenemos los humanos (y curiosamente también los gibones).

La fosa o depresión triangular de la muñeca entre los dos tendones extensores del pulgar, el corto y el largo, recibe el pintoresco nombre de tabaquera anatómica. La razón del término es muy divertida. En el siglo XVIII se puso de moda aspirar tabaco picado, que recibía el nombre —de origen francés— de «rapé», es decir, «rallado». Así que los aristócratas se ponían en la tabaquera anatómica un pellizco de rapé que sacaban de una cajita, y con un gesto muy afectado se lo llevaban a la nariz para inhalarlo. Eso dicen los libros de anatomía, aunque, a decir verdad, yo no lo he visto en ninguna pintura, dibujo o grabado de esa época.

En el fondo de la depresión de la tabaquera anatómica se encuentra la articulación del radio con el escafoides. Recuerde que

estos dos huesos son los que se suelen romper cuando caemos al suelo de bruces y ponemos instintivamente la palma de la mano para no *rompernos la cara*. Si duele en la tabaquera es que el escafoides está roto. También está en esa fosa, delante del escafoides, el hueso trapecio, que es realmente muy importante para los movimientos del dedo pulgar. Se lo debemos todo a su articulación en silla de montar.

Si ahora pasamos la mano a la posición supina (palma arriba) podremos buscar el flexor largo del dedo pulgar, que es otra especialidad de los humanos (y de los gibones). El tendón es fácil de localizar al tacto en la falange proximal del pulgar al flexionar la distal.

## Apéndice 12

### *El suelo de la boca*

Los músculos suprahioideos se llaman m. milohioideos, m. digástricos, m. genihioideos y m. estilohioideos (todos ellos son pares: hay uno a cada lado). El m. milohioideo es el que forma el suelo de la boca y va desde las ramas horizontales de la mandíbula hasta el hueso hioides.

El m. digástrico tiene dos partes: el vientre posterior va al hueso hioides desde una ranura (llamada ranura digástrica) situada por dentro de la apófisis mastoides del hueso temporal; el vientre anterior del m. digástrico va al hioides desde la sínfisis de la mandíbula en su borde basal. Para que se acuerde de este músculo iremos a la etimología: «digástrico» significa que tiene dos vientres. Recuerde que «gástrico» es una palabra que usamos para referirnos al estómago, como cuando decimos jugo gástrico, cáncer gástrico o reflujo gástrico.

El m. genihioideo llega al hioides desde la cara posterior de la sínfisis mandibular.

Hay un cuarto músculo llamado m. estilohioideo, que se extiende hasta el hueso hioides desde una apófisis cilíndrica muy fina y larga del hueso temporal, en la base del cráneo, que se llama apófisis estiloides. También existe un ligamento estilohioideo.

Como los músculos milohioideo, genihioideo y el vientre anterior del digástrico se extienden entre la mandíbula y el hueso hioides,

pueden elevar el hioides si tomamos la mandíbula como punto fijo, o hacer descender la mandíbula si el punto fijo es el hueso hioides. Sin embargo, como el vientre posterior del m. digástrico y el m. estilohioideo se extienden desde la base del cráneo (hueso temporal) hasta el hioides, al contraerse y acortarse solo pueden hacer que se eleve el hioides.

Los músculos infrahioideos van desde el hioides al cartílago tiroides de la laringe (m. tirohioideo), al esternón (m. esternohioideo) y al omóplato (m. omohioideo). Este último, sorprendentemente, me atrevo a decir, es un músculo de la cintura escapular, como el m. trapecio y el m. esternocleidomastoideo.

Son muchos nombres, pero aquí los tiene para cuando los necesite.

# Notas

1. Para todo lo relativo a la escultura clásica del museo del Prado se debe consultar el catálogo escrito por Stephan F. Schröder.

1. Madhusudhan Venkadesan *et al.*, «Stiffness of the human foot and evolution of the transverse arch», *Nature,* 579 (2020), pp. 97-100.

2. Daniel E. Lieberman *et al.*, «Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners», *Nature*, 463 (2010), pp. 531-535.

J. P. Hall *et al.*, «The biomechanical differences between barefoot and shod distance running: a systematic review and preliminary meta-analysis», *Sports Medicine*, 43 (2013), pp. 1335-1353.

1. David A. Raichlen *et al.*, «Laetoli Footprints Preserve Earliest Direct Evidence of Human-Like Bipedal Biomechanics», *PloS ONE*, 5 (3) (2010), e9769.

2. S. K. S. Thorpe *et al.*, «Origin of Human Bipedalism as an Adaptation for Locomotion on Flexible Branches», *Science*, 316 (2007), pp. 1328-1331.

3. C. Owen Lovejoy *et al.*, «The Great Divides: *Ardipithecus ramidus* Reveals the Postcrania of Our Last Common Ancestors with African Apes», *Science*, 236 (2009), pp. 100-106.

4. Tim D. White, «Neither chimpanzee nor human, *Ardipithecus* reveals the surprising ancestry of both», *PNAS*, 112 (2015), pp. 4877-4884.

5. Hay una revisión muy completa de la evolución de los simios y humanos (es decir, de los hominoideos) en Sergio Almécija *et al.*, «Fossil apes and human evolution», *Science*, 372 (2021), eabb4363.

6. Susana Carvalho *et al.*, «Chimpanzee carrying behaviour and the origins of human bipedality», *Current Biology*, 22 (6) (2012).

7. Traté este tema con detalle en mi libro *Vida, la gran historia* (2019).

8. Jeremy Atkinson y Michelle Rowe presentaron el estudio en un congreso de la Human Behavior and Evolution Society de 2010 celebrado en Oregón.

9. Del que me ocupé también en mi libro *Vida, la gran historia* (2019).

1. Rodrigo Quian Quiroga, «Closing the gap between mind and brain with the dynamic connectome», *PNAS*, 117 (2010), pp. 9677-9678.

2. *A Free Enquiry* (1685).

3. Según dice Manuel Martínez y Sanz en su *Historia del templo catedral de Burgos* (1866).

4. *Historia de la circulación de la sangre* (1973). De José Barón Fernández hay también una magnífica biografía titulada *Andrés Vesalio. Su vida y su obra* (1970). También he aprendido y disfrutado mucho del estudio preliminar de Pedro Laín Entralgo a la traducción al español del libro *De motu cordis* de William Harvey («Ejercitación anatómica sobre el movimiento del corazón y de la sangre de los animales») en la histórica colección Clásicos de la Medicina (1948).

5. Y así lo afirma, tanto en 1948 en su extenso estudio preliminar de la traducción española del libro de William Harvey *De motu cordis* como en el prólogo que escribió en 1991 para una edición facsímil del propio libro de Valverde.

6. Hay un artículo muy interesante de Ananyo Bhattacharya en *Nature*, 555 (2018), pp. 163-164 sobre la novela de Philip K. Dick y sus profundos significados.

1. Si quieren ver la obra de algunos paleoartistas pueden visitar la web de John Gurche o ver su libro *Lost Anatomies. The Evolution of the Human Form* (2019). En el libro ya clásico *La especie elegida* (1998), que escribí con Ignacio Martínez, hay unas magníficas reconstrucciones del gran paleoartista español Mauricio Antón.

2. Adrienne L. Zihlman y Debra R. Bolter, «Body composition in *Pan paniscus* compared with *Homo sapiens* has implications for changes during human evolution», *PNAS*, 112 (2015), pp. 7466-7471.

1. Simpson cuenta muchas cosas interesantes de sus estancias en España en su autobiografía *Concession to the Improbable. An Unconventional Autobiography* (1978). La anécdota que refiero está en la página 189.

2. Salvo en el conocido, y recomendable, manual de *Anatomía artística del hombre* (1987) de Arnould Moreaux, donde se reproducen los argumentos de Richer.

3. Elaine E. Kozma *et al.*, «Hip extensor mechanics and the evolution of walking and climbing in humans, apes, and fossil hominins», *PNAS*, 115 (2018), pp. 4134-4139.

1. Donald Johanson y Maitland Edey, *El primer antepasado del hombre* (1981).

2. «Revisiting Leonardo da Vinci's Vitruvian Man Using Contemporary Measurements», *JAMA*, 323 (2020), pp. 2342-2343.

3. A la hora de dar estos porcentajes he recurrido a dos trabajos, que estudian el uno a Ardi y el otro a Little Foot. No hay grandes diferencias en las cifras que dan para las especies vivientes, por lo que he reproducido las que se ofrecen en el estudio sobre Ardi. Sin embargo, hay discrepancias en cuanto a Lucy, porque en el artículo sobre Ardi se le da una longitud del radio mayor que en el de Little Foot, así que he optado por ofrecer los dos valores. Los trabajos consultados son estos: C. Owen Lovejoy *et al.*, «The Great Divides: *Ardipithecus ramidus* Reveals the Postcrania of Our Last Common Ancestors with African Apes», *Science*, 236 (2009), pp. 100-106.

J. L. Heaton *et al.*, «The long limb bones of the StW 573 Australopithecus skeleton from Sterkfontein Member 2: Descriptions and proportions», *Journal of Human Evolution*, 133 (2019), pp. 167-197.

1. Gen Suwa *et al.*, «Canine sexual dimorphism in *Ardipithecus ramidus* was nearly human-like», *PNAS*, 118 (2021), e2116630118.

2. Alexandra Alvergne *et al.*, «Human Ability to Recognize Kin Visually Within Primates», *International Journal of Primatology*, 30 (2009), pp. 199-210.

3. Para todos los temas relacionados con la reproducción en los primates es imprescindible consultar el libro de Robert D. Martin titulado *How We Do It* (2013).

1. *Partes de los animales. Marcha de los animales. Movimiento de los animales*. Traducciones de Elvira Jiménez Sánchez-Escariche y Almudena Alonso Miguel. Revisadas por Paloma Ortiz García. Editorial Gredos.

2. Esta cita es de un libro clásico de Adolph H. Schultz, traducido al español, que es una maravilla: *Los primates* (la edición original es de 1969).

3. Para escribir el texto de Valverde con la ortografía moderna he consultado la transcripción de Gonzalo Santoja (1985), aunque no siempre la sigo.

4. Daniel E. Lieberman *et al.*, «The human gluteus maximus and its role in running», *The Journal of Experimental Biology,* 209 (2006), pp. 2143-2155.

5 . Los esquemas de la contracción de los siete músculos durante las diferentes fases de la marcha están basados en Christopher L. Vaughan, Brian L. Davis y Jeremy C. O'Connor (Dynamics of Human Gait, 1992).

6. David A. Raichlen *et al.*, «Sitting, squatting, and the evolutionary biology of human inactivity», *PNAS*, 117 (2020), pp. 7115-7121.

7. *El dibujo anatómico a su alcance* (2007). La idea de *transparentar* los huesos de *Las tres Gracias* la hemos tomado de su libro.

8. Matthew C. O'Neill *et al.*, «Chimpanzee super strength and human skeletal muscle evolution», *PNAS,* 114 (2017), pp. 7343-7348.

1. El primero que estudió los movimientos de los huesos de los chimpancés cuando andan a dos patas fue Farish A. Jenkins en su espléndido trabajo «Chimpanzee Bipedalism: Cineradiographic Analysis and Implications for the Evolution of Gait», *Science,* 178 (1972), pp. 877-879.

2. Los libros de fisiología articular de A. I. Kapandji son magistrales y de consulta imprescindible para quien se interese por la biomecánica humana.

3. «The major determinants in normal and pathological gait», *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 35 (1953), pp. 543-558.

4. Dennis M. Bramble y Daniel E. Lieberman, «Endurance running and the evolution of *Homo*», *Nature*, 432 (2004).

5. Louis Liebenberg, «Persistence Hunting by Modern Hunter-Gatherers», *Current Anthropology*, 47 (2006), pp. 1017-1025.

6. David R. Carrier, «The Energetic Paradox of Human Running and Hominid Evolution», *Current Anthropology*, 25 (1984), pp. 483-495.

1. Holly M. Dunsworth *et al.*, «Metabolic hypothesis for human altriciality», *PNAS*, 109 (2012), pp. 15212-15216. Si quiere leer un buen artículo de divulgación sobre la hipótesis metabólica puede encontrarlo en Pat Lee Shipman, «Why Is Human Childbirth So Painful? Having babies isn't easy—and the standard explanation may be wrong», *American Scientist*, 101 (2013), p. 426.

2. Philipp Mitteroecker *et al.*, «Cliff-edge model of obstetric selection in humans», *PNAS*, 113 (2016), pp. 14680-14685.

3. Martin Haeusler *et al.*, «The obstetrical dilemma hypothesis: there's life in the old dog yet», *Biological Reviews*, 96 (2021), pp. 2031-2057, doi: 10.1111/brv.12744.

4. Jeremy M. DeSilva *et al.*, «Neonatal Shoulder Width Suggests a Semirotational, Oblique Birth Mechanism in *Australopithecus afarensis*», *The Anatomical Record*, 300 (2017), pp. 890-899.

5. Natalie M. Laudicina *et al.*, «Reconstructing birth in *Australopithecus sediba*», *PLOS ONE* (2019), doi.org/10.1371/journal.pone.0221871.

1. Comentario al *Discóforo* del Prado en el catálogo de la exposición «Dioses, héroes y atletas. La imagen del cuerpo en la Grecia antigua» del Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid en Alcalá de Henares, 2015.

1. Adrienne L. Zihlman y Debra R. Bolter, «Body composition in *Pan paniscus* compared with *Homo sapiens* has implications for changes during human evolution», *PNAS*, 112 (2015), pp. 7466-7471.

2. J. Josh Snodgrass *et al.*, «The Energetics of Encephalization in Early Hominids». En J.-J. Hublin y M. P. Richards (eds.), *The Evolution of Hominin Diets: Integrating Approaches to the Study of Palaeolithic Subsistence*, 2009, pp. 15-29.

3. H. Pontzer *et al.*, «Hunter-gatherers as models in public health», *Obesity Reviews*, 19 (Supl. 1) (diciembre de 2018), pp. 24-35.

4. José Miguel Carretero *et al.*, «Exploring bone volume and skeletal weight in the Middle Pleistocene humans from the Sima de los Huesos site (Sierra de Atapuerca, Spain)», *Journal of Anatomy*, 233 (2018), pp. 740-754.

5. Trenton W. Holliday, «Body Size, Body Shape, and the Circumscription of the Genus *Homo*», *Current Anthropology,* 53 (6) (2012), pp. 330-345.

6. Alexander G. Claxton *et al.*, «Virtual reconstruction of the *Australopithecus africanus* pelvis Sts 65 with implications for obstetrics and locomotion», *Journal of Human Evolution*, 99 (2016), pp. 10-24.

7. Alan Walker y Richard Leakey (eds.), *The Nariokotome* Homo erectus *skeleton* (1993). Las mismas tesis se mantienen en el libro de divulgación escrito por Alan Walker y Pat Shipman: *The wisdom of the bones* (1996).

1. Nathan E. Thompson *et al.*, «Surprising trunk rotational capabilities in chimpanzees and implications for bipedal walking proficiency in early hominins», *Nature Communications,* 6 (8416) (2015), doi: 10.1038/ncomms9416.

2. Yohannes Haile-Selassie *et al.*, «An early *Australopithecus afarensis* postcranium from Woranso-Mille, Ethiopia», *PNAS*, 107 (2010), pp. 12121-12126.

3. Peter Schmid *et al.*, «Mosaic Morphology in the Thorax of *Australopithecus sediba*», *Science*, 340 (2013), doi: 10.1126/science.1234598

4. Robin Huw Crompton *et al.*, «Functional Anatomy, Biomechanical Performance Capabilities and Potential Niche of StW 573: an *Australopithecus* Skeleton (circa 3.67 Ma) From Sterkfontein Member 2, and its significance for The Last Common Ancestor of the African Apes and for Hominin Origins», *BioRxiv* (2018).

5. Asier Gómez-Olivencia *et al.*, «3D virtual reconstruction of the Kebara 2 Neandertal thorax», *Nature Communications*, 9 (4387) (2018), doi: 10.1038/s41467-018-06803-z.

1. Scott A. Williams *et al.*, «New fossils of *Australopithecus sediba* reveal a nearly complete lower back», *eLife* (2021), doi: 10.7554/eLife.70447.

2. Ella Been *et al.*, «Evolution of Spinopelvic Alignment in Hominins», *The Anatomical Record*, 300 (2017), pp. 900-911.

1. David Shahar y Mark G. L. Sayers, «Prominent exostosis projecting from the occipital squama more substantial and prevalent in young adult than older age groups», *Scientific Reports*, 8 (3354) (2018), doi:10.1038/s41598-018-21625-1.

2. Es muy recomendable el libro de Daniel E. Lieberman *The Evolution of the Human Head* (2011).

1. Frank F. A. IJpma *et al.*, «The anatomy lesson of Dr. Nicolaes Tulp by Rembrandt (1632): A comparison of the painting with a dissected left forearm of a Dutch male cadaver», *Journal of Hand Surgery-American Volume,* 31 A (6) (2006), pp. 882-891.

2. Andrew K. Yegian *et al.*, «Shorter distal forelimbs benefit bipedal walking and running mechanics: Implications for hominin forelimb evolution», *Am. J. Phys. Anthropol*, 1-10 (2021).

1. «Gluteus maximus muscle function and the origin of hominid bipedality», *American Journal of Physical Anthropology*, 77 (1988), pp. 519-528. El ejemplo del béisbol lo cuenta con mucha gracia Frank R. Wilson en su libro *La mano* (1998), que es un ensayo muy original.

1. «The prehensile movements of the human hand», *The Journal of bone and joint surgery*, 38B (1956), pp. 902-913.

2. «Evolution of the human hand: the role of throwing and clubbing», *J. Anat.*, 202 (2003), pp. 165-174.

3. «The Running-Fighting Dichotomy and the Evolution of Agression in Hominids». En D. Jeffrey Meldrum y Charles E. Hilton, *From Biped to Strider. The Emergence of Modern Human Walking, Running, and Resource Transport* (2004), pp. 135-162.

4. «Muscle activation during maximal effort tasks: evidence of the selective forces that shaped the musculoskeletal system of humans», *Biology Open*, 4 (2015), pp. 1635-1642.

5. David R. Carrier, «The Advantage of Standing Up to Fight and the Evolution of Habitual Bipedalism in Humans», *Plos One,* 18 de mayo de 2011.

6. Sala *et al.*, «Lethal Interpersonal Violence in the Middle Pleistocene», *PLOS ONE*, doi:10.1371/journal.pone.0126589 (2015). Sala *et al.*, «Taphonomic-forensic analysis of the hominin skulls from the Sima de los Huesos», *The Anatomical Record*, doi.org/10.1002/ar.24883 (2022).

1. Rui Diogo *et al.*, «Evolution and homologies of primate and modern human hand and forearm muscles, with notes on thumb movements and tool use», *Journal of Human Evolution*, 63 (2012), pp. 64-78.

Rui Diogo *et al.*, «Bonobo anatomy reveals stasis and mosaicism in chimpanzee evolution, and supports bonobos as the most appropriate extant model for the common ancestor of chimpanzees and humans», *Scientific Reports*, 7 (2017), p. 608, doi:10.1038/s41598-017-00548-3.

2. Gaelle Bello-Hellegouarch *et al.*, «“Pollical palmar interosseous muscle” (*musculus adductor pollicis accessorius*): Attachments, innervation, variations, phylogeny, and implications for human evolution and medicine», *Journal of Morphology* (2012), doi.org/10.1002/jmor.20090.

3. Tim D. White *et al.*, «Neither chimpanzee nor human, *Ardipithecus* reveals the surprising ancestry of both», *PNAS*, 112 (2015), pp. 4877-4884.

4. Thomas C. Prang *et al.*, «*Ardipithecus* hand provides evidence that humans and chimpanzees evolved from an ancestor with suspensory adaptations», *Science Advances*, 7 (2021), eabf2474.

5. C. Owen Lovejoy *et al.*, «Careful Climbing in the Miocene: The Forelimbs of *Ardipithecus ramidus* and Humans Are Primitive», *Science* 326, 70 (2009).

6. Sergio Almécija *et al.*, «Early Origin for Human-Like Precision Grasping: A Comparative Study of Pollical Distal Phalanges in Fossil Hominins», *PLoS ONE*, 5 (7) (2010), e11727.

7. Tracy L. Kivell, «Evidence in hand: recent discoveries and the early evolution of human manual manipulation», *Philosophical Transactions B*, 370 (1 de mayo de 2015).

8. Matthew M. Skinner *et al.*, «Human-like hand use in *Australopithecus africanus*», *Science*, 347 (2015), pp. 395-399.

9. Julia Maki y Erik Trinkaus, «Opponens Pollicis Mechanical Effectiveness in Neandertals and Early Modern Humans», *PaleoAnthropology* (2011), pp. 62-71.

1. Sue Black, *Escrito en los huesos* (2020).

2. Ignacio Martínez *et al.*, «Human hyoid bones from the middle Pleistocene site of the Sima de los Huesos (Sierra de Atapuerca, Spain)», *Journal of Human Evolution*, 54 (2008), pp. 118-124.

3. Eso es lo que defiende Jacob C. Dunn en «Sexual selection and the loss of laryngeal air sacs during the evolution of speech», *Anthropological Science*, 126 (2018), pp. 29-34.

4. Estos ejemplos y mucha información sobre EvoDevo la he tomado del estupendo libro de Sean B. Carroll *Endless Forms Most Beautiful* (2005).

1. El etólogo austríaco Irenäus Eibl-Eibesfeldt llevó a cabo un extenso trabajo de documentación gráfica de la expresión de las emociones en pueblos con poco contacto con occidentales. *El hombre preprogramado* (1973). *Guerra y paz* (1984).

2. Hay una edición de Penguin Classics que incluye, además de las ilustraciones originales, una muestra de la colección de fotografías y dibujos que Darwin atesoraba pero que no pudo incluir en la publicación.

3. Relación conflictiva de la que me ocupo en mi libro *El reloj de Mr. Darwin* (2009). Owen fue el único enemigo científico de categoría con el que se enfrentó Darwin, aunque lo hiciera indirectamente, a través de su seguidor Thomas Henry Huxley, llamado el Bulldog de Darwin. Fue precisamente T. H. Huxley quien escribió el primer libro de evolución humana de la historia, titulado *Man's Place in Nature* (1863).

4. Rui Diogo *et al.*, «Bonobo anatomy reveals stasis and mosaicism in chimpanzee evolution, and supports bonobos as the most appropriate extant model for the common ancestor of chimpanzees and humans», *Scientific Reports*, 7 (2017), p. 608, doi:10.1038/s41598-017-00548-3.

5. Juliane Kaminski *et al.*, «Evolution of facial muscle anatomy in dogs», *PNAS*, 116 (2019), pp. 14677-14681, doi.org/10.1073/pnas.1820653116.

6. Juliane Kaminski *et al.*, «Human attention affects facial expressions in domestic dogs», *Scientific Reports*, 7 (2017), p. 12914, doi.org/10.1038/s41598-017-12781-x.

7. Yoel Rak, «The Neanderthal. A New Look at an Old Face», *Journal of Human Evolution*, 15 (1986), pp. 151-164.

1. José María Bermúdez de Castro *et al.*, «The medial pterygoid tubercle in the Atapuerca Early and Middle Pleistocene mandibles: Evolutionary implications», *American Journal of Physical Anthropology*, 156 (2015), pp. 102-109.

1. *Braindance* (2004).

2. *L'Hominisation du crane* (1960).

1. Steven Shapin, «Descartes the doctor: rationalism and its therapies», *British Journal for the History of Science*, 33 (2000), pp. 131-154.

La lectura abre horizontes, iguala oportunidades y construye una sociedad mejor. La propiedad intelectual es clave en la creación de contenidos culturales porque sostiene el ecosistema de quienes escriben y de nuestras librerías. Al comprar este ebook estarás contribuyendo a mantener dicho ecosistema vivo y en crecimiento. En **Grupo Planeta** agradecemos que nos ayudes a apoyar así la autonomía creativa de autoras y autores para que puedan seguir desempeñando su labor.
Dirígete a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita reproducir algún fragmento de esta obra. Puedes contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

© Juan Luis Arsuaga, 2023
Por mediación de MB Agencia Literaria, S. L.

© del diseño de la cubierta: Planeta Arte & Diseño © de la imagen de la cubierta: Susana Cid © de las ilustraciones: Susana Cid, 2023

© Editorial Planeta, S. A. (2023) Ediciones Destino es un sello de Editorial Planeta, S. A.
Diagonal, 662-664. 08034 Barcelona www.edestino.es
www.planetadelibros.com

Primera edición en libro electrónico (epub): mayo de 2023

ISBN: 978-84-233-6357-5 (epub)

Conversión a libro electrónico: Realización Planeta

# ¡Encuentra aquí tu próxima lectura!

## ¡Síguenos en redes sociales!